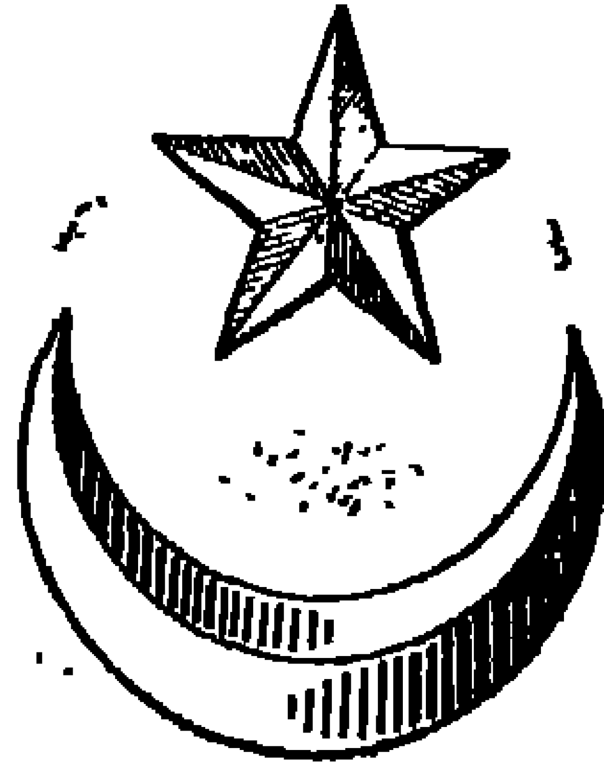


بسم الله الرحمن الرحيم

فى فن الطبوغرافيه

مقدمه

بند — الغرض من هذا الفن هو رسم المسقط الافقى لقطعة من سطح الارض على فرخ من ورق مع تبيين هيئتها بطريقة واضحة مصطلح عليها

والورقة المرسوم عليها المسقط الافقى المذكور تسمى خريطة

والخرط الطبوغرافية اما كبيرة أو صغيرة فالكبيرة تبين عليها أوضاع المدن والبلاد الاصلية واتجاهات السكك والانهر وترع الرى وهيئة الجبال والتلول والصغيرة يبين بها زيادة عما سلف ما يوجد بقطعة الارض طبيعيا كان أو صناعيا

فاما الاشياء الطبيعية فهى كالجبال وما يتعلق بها مثل ميولها وأوديتها والمياه وما يتعلق بها نحو الابحر والانهر والبرك وغير ذلك وأما الاشياء الصناعية فهى كالبيوت والاستحكامات والجوامع والهياكل والجسور والخنادق وحدود المزارع والمدقات وما ماثل ذلك

والخرط سواء كانت كبيرة أو صغيرة تبين عليها النقط الشهيرة لتكون نقطا أصلية للخريطة أو نقطا ثوابت وذلك كرؤس المنارات والمداخن والمسلات وصلبان النواقيس وما أشبه ذلك

وحيث ان قطعة الارض المقتضى عمل خريطتها مهما كانت قد يوجد بها جبال أو تلول ويكون بعض جهاتها مرتفعا والبعض منخفضا ومن الضروري بيان ذلك جميعه على الخريطة انقسم الفن الى جزأين أصليين الاول منهما عبارة عن رسم المسطحات وشرح واستعمال الآلات اللازمة له والثانى عبارة عن عمل الميزانيات والآلات اللازمة لها ولنذكرهما بالتعاقب فنقول

(الجزء الاول)

يشتمل على ثلاثة أبواب

الباب الاول

(رسم الخرط والآلات التى تستعمل لذلك)

بند — رسم المسقط الافقى لقطعة أرض هو عبارة عن قياس المساقط الافقية للأبعاد الكائنة بين النقط المختلفة المكونة لقطعة الارض المذكورة ووضع هذه القياسات على فرخ من ورق بحيث تؤخذ عليه بنسبة معلومة وهذه النسبة هى المعبر عنها بالمقياس

وحيث ان قطعة الارض المقتضى رسمها مركبة من خطوط مستقيمة وخطوط منحنية فالخط المستقيم يتحدد بنقطتى نهايتيه والخط المنحنى يتحدد بجملة نقط تكون متقاربة من بعضها على قدر الامكان

ولسهولة رسم أى خريطة طبوغرافية يلزم تقسيمها الى أشكال كثيرة الاضلاع تكون مرتبطة ببعضها بأن نبتدئ من نقطة معلومة ونتجه نحو اليمين أو اليسار ونعلم آخر كل اتجاه بوتد الى أن نتوصل الى النقطة الابتدائية فيتحدد بذلك شكل كثير الاضلاع ثم نبتدئ ثانيا بأحد رؤس الشكل المذكور ونتجه الى احدى الجهتين كما سبق الى أن نتوصل الى النقطة التى ابتدأنا منها أو الى نقطة أخرى من رؤس الشكل الاول وهكذا حتى يتم حصر قطعة الارض فى أشكال كثيرة الاضلاع تقاس اضلاعها وزواياها كما سيأتى وتنسب لها النقط القريبة فتربطها معها بشكل مثلث مع ملاحظة انقسام الشكل الكلى الى عدة مثلثات بها يسهل ضبط رسم الخريطة

ومن هنا يعلم أنه يلزم لرسم المسقط الافقى لاية قطعة أرض معرفة ما هو آت

أولا ـ تحديد اتجاه الخطوط المستقيمة على الارض و يسمى ذلك بالتشخيص

ثانيا ـ قياس أطوال هذه الخطوط و يسمى ذلك بالقياس

ثالثا ـ النسبة بين الأبعاد المقيسة على الأرض ونظائرها التى تؤخذ على الورق ويسمى ذلك بالمقياس

رابعا ـ قياس الزوايا الواقعة بين هذه الاتجاهات

وبذلك ينقسم الباب الاول الى أربعة فصول نذكرها بالتعاقب فنقول

الفصل الاول

فى التشخيص

بند ٣ ـ التشخيص عبارة عن تعيين اتجاه الخط المستقيم الواصل بين نقطتين معلومتين على الارض وتستعمل لذلك قطع طويلة من الخشب أسطوانية أو منشورية تنتهى من أسفلها بقطع من الحديد دقيقة الطرف تسمى ركيزا وطرفها العلوى توضع عليه قطعة من القماش تسمى راية وفائدتها تسهيل مشاهدته من بعد ومجموع ذلك يسمى شاخصا

ولسهولة مشاهدة الشاخص من بعد وتمييزه وسط المزارع والاشجار وخلافها يلوّث باللون الاحمر والابيض أو بالابيض والاسود وقد يجعل طول كل جزء ملون باحد اللونين نصف متر لتقاس به الابعاد الصغيرة عند اللزوم وفى الاشغال الكبيرة تستبدل الشواخص بالبيانات وهى عبارة عن شواخص طويلة (طول الواحدة من أربعة أمتار الى خمسة) وترتكز على أرجل ذات ثلاث شعب وهذه الشواخص يوضع على أعلاها رايات كبيرة من قماش أو اقراص رقيقة من معدن ملوّن لسهولة مشاهدتها من بعد طويل

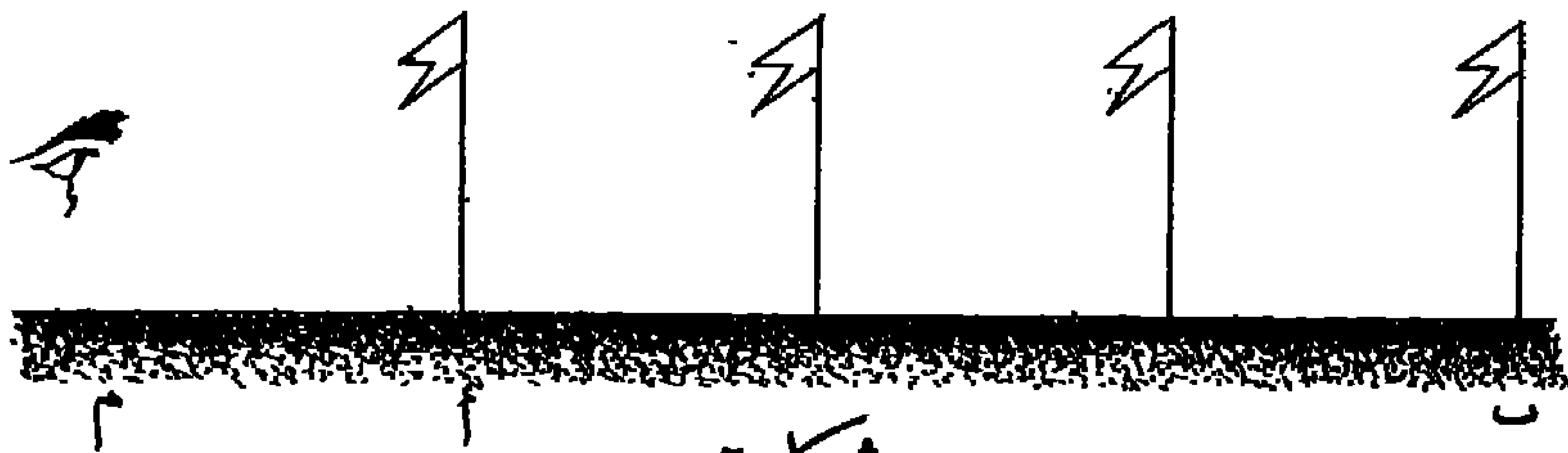
بند ٤ ـ ولاجل تعيين اتجاه المستقيم الواصل بين نقطتى أ و ب أى تشخيص المستقيم أ ب على الارض يوجد حالتان

الحالة الاولى ـ (شكل ١) اذا كانت نقطة أ تكشف نقطة ب وبالعكس فيغرس فى كلتيهما شاخص غرسا رأسيا ثم يقف راصد خلف نقطة أ فى نقطة مثل م

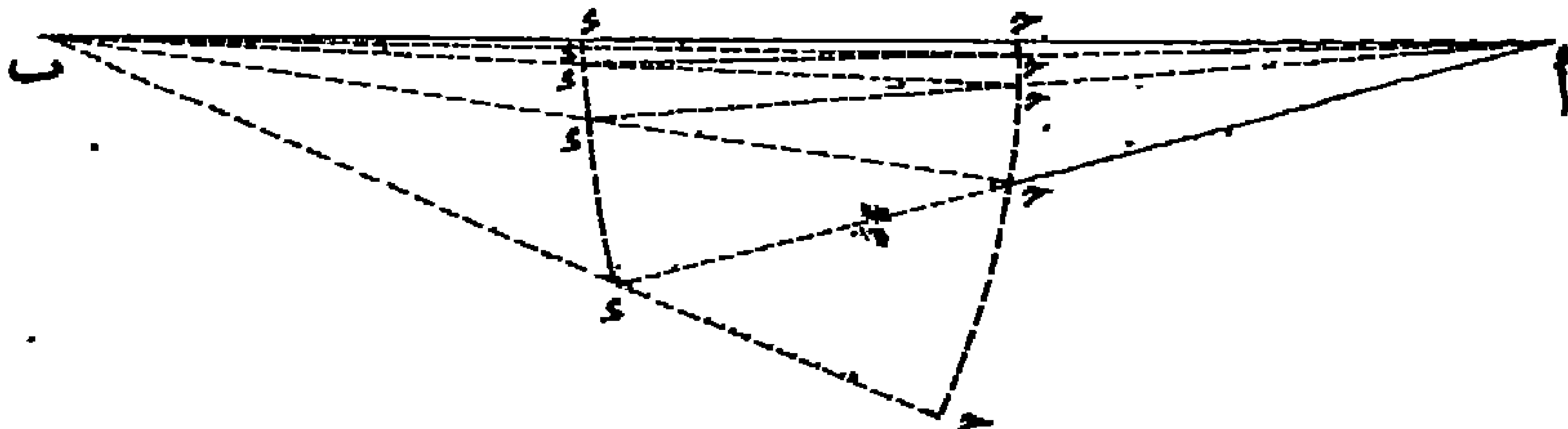
بحيث ان الشاخص الذى أمامه وهو أ يستر عنه الشاخص ب ثم ان المساعد الذى يحمل جملة شواخص يتجه على حسب مستقيم أ ب ومن مسافة الى أخرى يغرس شاخصا عرسار أسيا باشارة الراصد الواقف فى م الذى يأمره بتثبيت كل شاخص متى ستر عنه الشاخص ب فى كل مرة مع كونه يحجب عنه بالشاخص أ وما بعده من الشواخص وبذا يتعين اتجاه المستقيم أ ب

الحالة الثانية ـ اذا كانت نقطة أ لا تكشف نقطة ب وبالعكس بأن كان بينهما قطعة أرض مرتفعة مثلا فلتشخيص الخط أ ب المذكور يلزم مساعدان أحدهما حـ والثانى ء (شكل ٢) ويمسك كل منهما شاخصا بحيث يجعله دائما رأسيا ثم بعد وضع علامتين مرتفعتين أو شاخصين فى نقطتى أ و ب يقف المساعدان بحيث ان كلا منهما يكشف رفيقه ويكشف نهاية الخط من جهة رفيقه المذكور ثم ان المساعد حـ يجعل نفسه فى حذاء نقطتى ء و ب ووقتئذ يشير المساعد ء

شكل ١



شكل ٢



الى المساعد حـ بالسير الى اليمين أو اليسار حتى يجعله معه فى اتجاه ء أ ثم ان المساعد حـ بعد ذلك يعطى الى المساعد ء اشارة أخرى لجعله فى اتجاه حـ ء ب ويكرران هذه العملية مرارا حتى اذا صار أحدهما فى اتجاه النقطة المقابلة للآخر كان الآخر فى اتجاه النقطة الثانية للمستقيم كما يتضح من (شكل ٢)

وأما اذا كان بين نقطتى أ و ب موانع تحجب النظر كعمارات أو بساتين فيستعان على تشخيص المستقيم بمثلث المساح كما سيأتى

الفصل الثانى

فى القياس

يستعمل لقياس الأبعاد المتر والمسطرة والجنزير والشريط وآلة استاديا وغير ذلك وسنشرح كلا منها فى مباحث فنقول

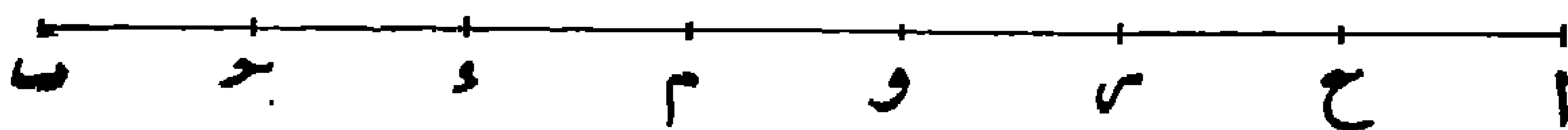
المبحث الاول

فى كيفية قياس الأبعاد بالمتر والمسطرة المعتادة .

بند ـ المتر معلوم أنه جزء من عشرة ملايين من ربع خط نصف النهار الارضى وهو يحتوى على عشرة ديسيمترات أو مائة سنتيمتر أو ألف ميليمتر وفى الغالب يستعاض بمسطرة من الخشب المعتدل الألياف مقطعها مربع وطولها أربعة أمتار ومقسمة الى ديسيمترات وسنتيمترات واحيانا ميليمترات والمتر والمسطرة المذكورة معدان لقياس الأبعاد القصيرة

والقياس اما أن يكون على أرض أفقية أو على أرض مائلة مثلا لاجل قياس خط مثل أ ب (شكل ٣) بواسطة المسطرة المعتادة يلزم ابتداء تشخيص البعد المذكور بموجب (بند) ثم يوصل بين الشاخصين الاولين بحبل يشد جيدا ثم توضع المسطرة على اتجاه الحبل المذكور بحيث يكون طرفها على نقطة ب (المعتبرة نقطة ابتداء) وتعلم النهاية الثانية لها بعلامة حـ ثم ترفع المسطرة وتوضع على اتجاه الحبل بحيث يكون مبدؤها فى نقطة حـ وتعلم نهايتها الثانية بعلامة ء ويستمر العمل على هذا المنوال بنقل المسطرة من وضع الى آخر مع تغيير الحبل من شاخص الى آخر بالتعاقب حتى

شكل ٣



يتوصل الى النهاية الثانية أ من الخط المذكور فان احتوى طول الخط أ ب على

طول المسطرة مرارا صحيحة فحاصل ضرب عدد مرات تنقلات المسطرة فى طولها يكون طول الخط أ ب وان بقيت مسافة صغيرة أقل من طول المسطرة فتقاس بواسطة تقاسيم المسطرة وتضاف على الناتج المتقدم للحصول على طول البعد أ ب وبالكيفية عينها يمكن قياس البعد أ ب بالمتر فى حالة عدم وجود مساطر وهذا القياس يجرى عادة على الأبعاد الصغيرة الموجودة بأراض أفقية خالية من الموانع

(تنبيه)

القياس المذكور آنفا كان جاريا بواسطة مسطرة واحدة أما اذا وجد مسطرتان طولهما واحد فيقاس البعد المذكور بوضع احدى المسطرتين فى اتجاه الخط بحيث تكون نهايتها فى نقطة ب ثم توضع المسطرة الثانية بجانب المسطرة الاولى على اتجاه الخط ملامسة لها بدون أن يحصل اهتزاز للمسطرة الاولى ثم بعد ذلك تنقل المسطرة الاولى وتوضع فى النهاية الثانية للمسطرة الثانية بالاسلوب المتقدم ويتكرر نقل كل من المسطرتين واحدة بعد الاخرى حتى يتوصل الى النهاية الثانية من الخط ثم تقدر الاجزاء الصغيرة الاقل من طول المسطرة ان وجدت بتقاسيم احدى المسطرتين فالبعد الكلى يكون هو حاصل ضرب عدد تنقلات المسطرتين فى طول واحدة منهما مضافة الى الناتج الكسور الاخيرة التى قدرت

المبحث الثانى

فى تركيب مساطر كابرك وكيفية القياس بها

بند — لما كان القياس بالمساطر المعتادة المتقدمة فيه بطء زائد فضلا عن كونه غير مضبوط بسبب عدم وجود الاراضى الافقية بالضبط وحصول المشقات للقياس التى بسببها يتساهل فى قياس المساطر بالتحكيم اخترع موسيو كابرك البكباشى المهندس الفرنساوى المسطرة المسماة باسمه لقياس قواعد الأعمال العمومية والأبعاد المهم ضبط قياسها ضبطا جيدا

والمساطر المذكورة ليس فى العمل بها مشقة كالمتقدمة بسبب جعلها على أرجل بواسطتها تجعل فى الارتفاع الموافق لقامة من يشتغل بها

وبالارجل

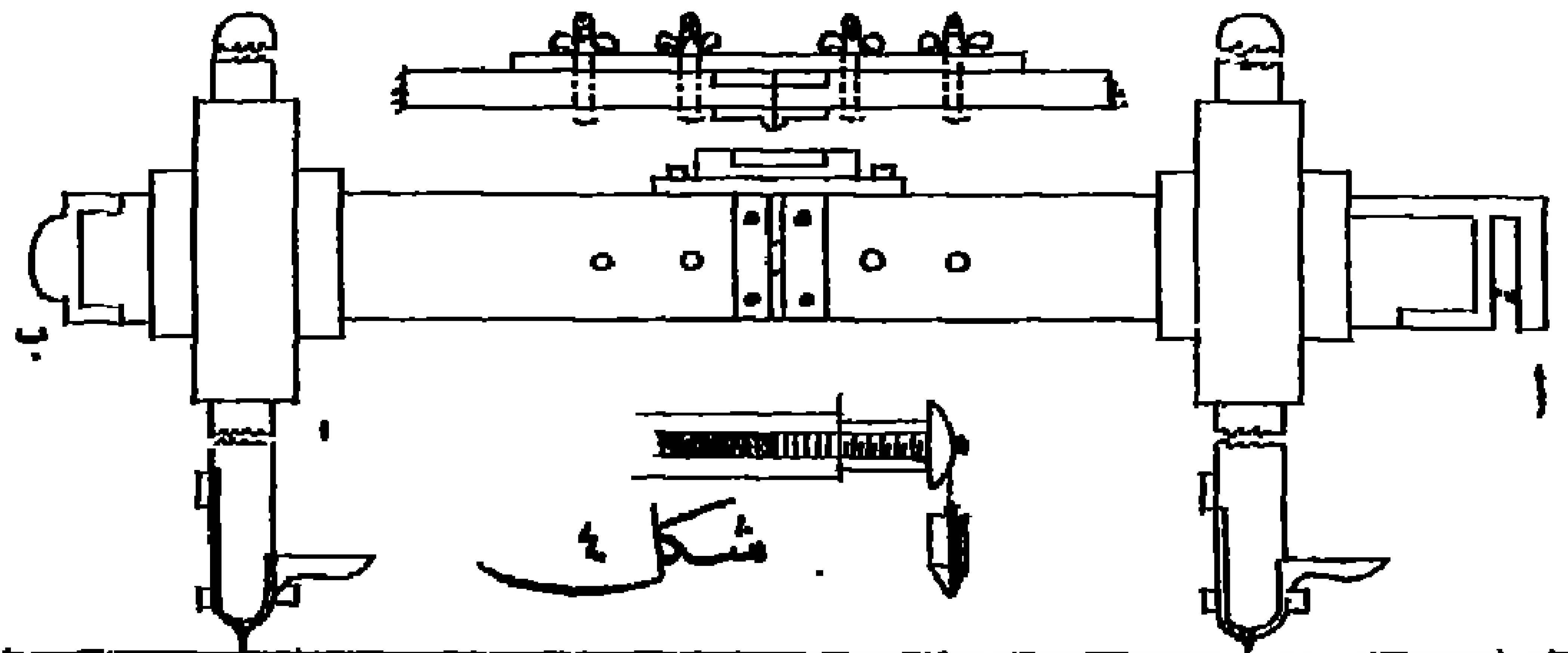
وبالارجل المذكورة توضع المسطرة أفقيــة لتكون الأبعاد المقيسة بها محوّلة الى الافق من أول الامر

وتصنع المساطر المذكورة من خشب التنوب المعتدل الألياف وطول المسطرة عادة أربعة أمتار ويمكن جعل طولها خمسة أمتار لسرعة القياس بها ولاجل سهولة حملها تكون مقسومة من وسطها الى قسمين يتصلان بمفصلة بواسطتها ينطبق احد النصفين على الآخر بعد انتهاء العمل ورفعها عن رجليها

وتكون المسطرة المذكورة مقسمة الى ديسيمترات وسنتيمترات

ويوجد فى طرفى المسطرة أسطوانتان من المعدن احداهما أ رأسية بها حز رأسى يختفى فيه نصف تخانة خيط شاقول والاخرى ب أفقية طولها محسوب من ضمن طول المسطرة وفى نهاية هذه الأسطوانة حز رأسى أيضا يختفى فيه نصف تخانة خيط الشاقول لكى لا تتقابل الاسطوانتان عند تماسهما الا فى نقطة واحدة وبهذه الواسطة يضبط التماس جيدا

وصورة المسطرة المذكورة مبينة (بشكل ٤)



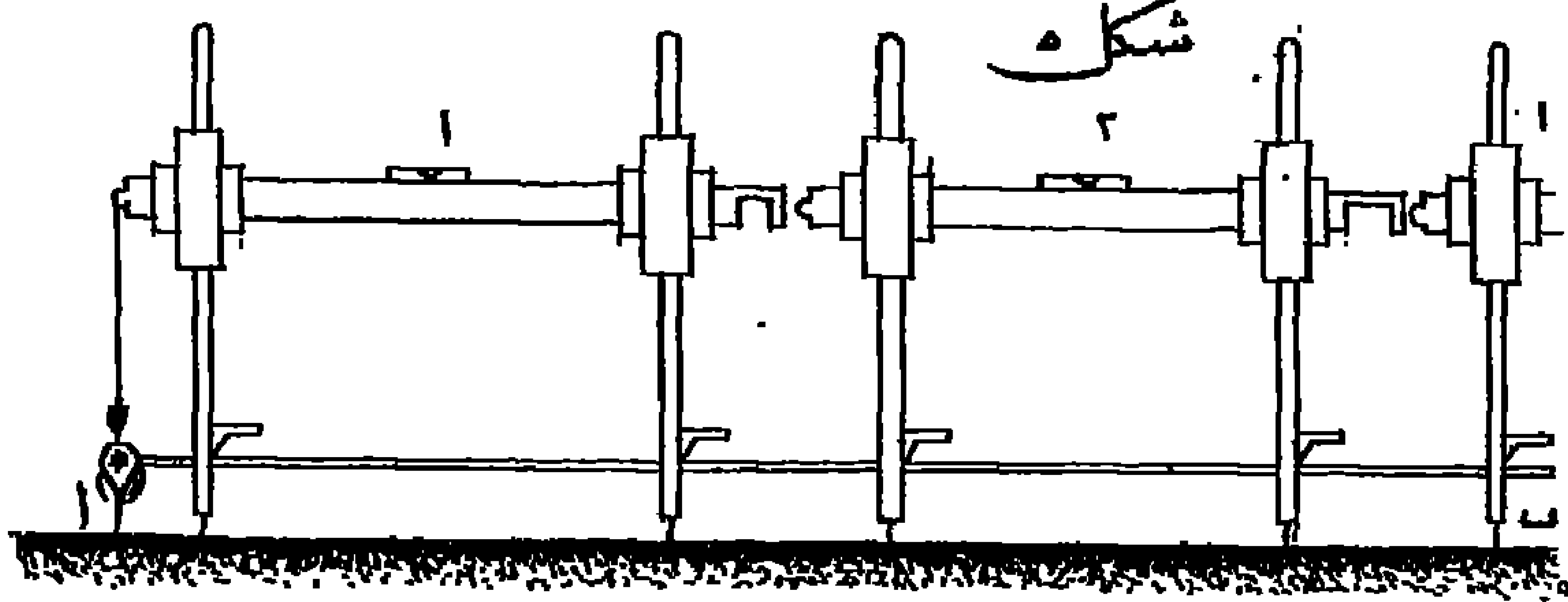
ولاجل منع التصادم عند تماس المسطرتين وقت العمل تجعل الأسطوانة الرأسية أ فى كل مسطرة قابلة للتحرك بدون مانع بواسطة لسان مقسم الى ميلليمترات طوله من ٠,٥٠ مترا الى ٠,٧٥ مترا متصل بها ويتحرك اللسان فى افريز مصنوع فى نفس المسطرة الى الداخل والى الخارج بواسطة مسمار مقلوظ به طرس يتحرك على قضيب مسنن ثم ان هذه المسطرة مجتمعة مع أرجلها على زاوية قائمة بواسطة عابتين مزدوجتين من الحديد أو الصاج أو أى معدن كان يتحرك داخلهما كل من الارجل والمسطرة بحسب

الارادة (بمعنى ان المسطرة داخلة فى علبتين أفقيتين وكل علبة منهما تدخل فى علبة أخرى رأسية تدخل فيها الارجل) ويمكن تثبيت العلب الرأسية المذكورة مع الرجلين بواسطة مسامير برّيمية من أعلى وأسفل كل علبة كما هو مبين (بشكل ٤) كما أنه يمكن تثبيت المسطرة فى العلب الافقية بواسطة مسامير أخر بريمية كذلك توجد بجانب المسطرة

وبهذا التركيب تجعل المسطرة أفقية بواسطة روح تسوية (سيأتى الكلام عليها عند التكلم على الميزانية) توضع على المسطرة ولاجل سهولة تثبيت هذه المسطرة عند العمل قد وضع فى الطرف الاسفل من كل رجل من رجليها ركيز من الحديد مثبت فيه لسان أفقى من حديد أيضا ليتكى عليه القياس برجله عند تثبيت المسطرة

(كيفية القياس بمساطر كليرك على أرض أفقية)

بند ٧ — يستعمل عادة فى قياس الابعاد مسطرتان ويلزمهما أربعة أشخاص قياسين ماهرين وواحد مساعد مهندس يكون مسؤلا عن ضبط القياس وتنمر احدى المسطرتين بنمرة ١ والاخرى بنمرة ٢ مثلا اذا كان المطلوب قياس البعد أ ب بهذه المساطر يبتدأ بتشخيصه ثم يثبت فى اتجاه الشواخص حبل متين مشدود جيدا ينقل من مسافة الى أخرى بملاحظة مساعد المهندس ثم توضع المسطرة الاولى المنمرة



بنمرة ١ بحيث تكون رجلاها على اتجاه الحبل المذكور بالضبط ويكون طرفها الموجودة به الاسطوانة الرأسية أ المتصلة باللسان المتحرك المقسم موجودا تقريبا على الخط الرأسى القائم من نقطة مبدا المستقيم أى من نقطة أ ثم تجعل المسطرة أفقية بواسطة روح التسوية والارجل ثم يحرك اللسان المثبت فى الاسطوانة الرأسية الى أن يمر خيط الشاقول المربوط فى نهاية المسطرة بالخط الرأسى المار بنقطة منتصف

وتدنقطة الابتداء وهى أ (شكل ٥) ثم يقدر طول اللسان بالسنتيمترات والمليمترات المرسومة عليه التى صفرها موجود على حز خيط الشاقول الموجود بالاسطوانة الرأسية وليكن مثلا ٠،٠٤٢ وحينئذ تكون المسافة من مبدا المسطرة الى آخرها هى ٤،٠٤٢ (باعتبار أن طول المسطرة المستعملة أربعة أمتار) ويلزم أن يعمل لذلك جدول مكون من ثلاث خانات هكذا

نمر المساطر	طول المساطر	الكسور المقدرة باللسان
١	٤،٠٠	٠،٠٤٢
٢	٤،٠٠	٠،٠٥٥
١	٤،٠٠	٠،١٠٨

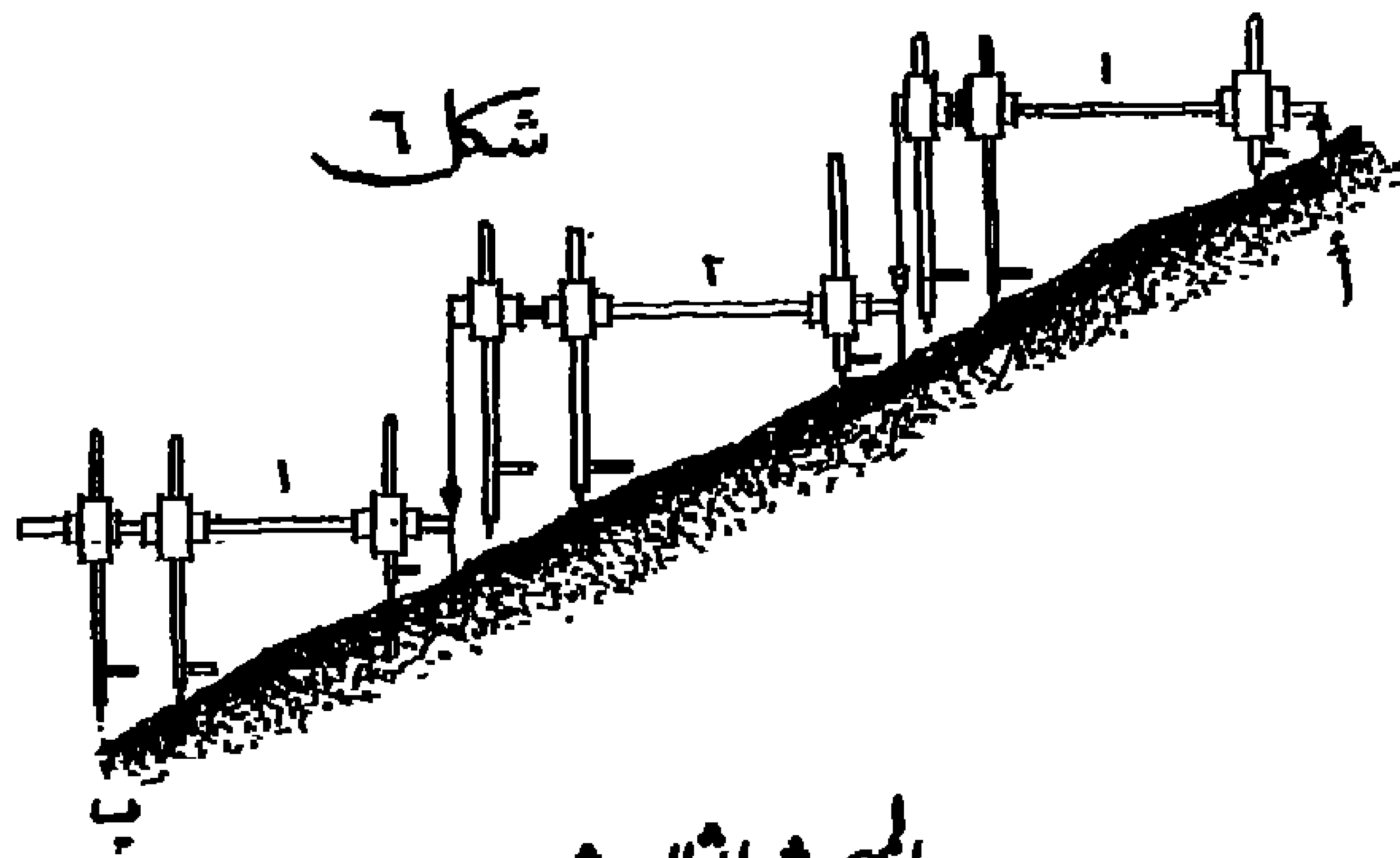
ثم تكتب تحت نمر المساطر نمرة ١ ويكتب طولها فى الخانة الثانية وهو ٤،٠٠ متر ثم تكتب الكسور المقدرة باللسان فى الخانة الثالثة وهى ٠،٠٤٢ ثم ان القياسين المنوطين بالمسطرة الثانية يأتيان بها على اتجاه الخط ويثبتان رجليها على اتجاه الحبل بحيث تكون متباعدة عن الطرف الامامى لمسطرة نمرة ١ ببعد موافق كى لا يحصل لها اهتزاز أو مصادمة (بحيث لو حصل ذلك لزم اعادة العملية) ثم ان مساعد المهندس يضعها أفقية كما سلف ويخرج اللسان بالاحتراس الى أن يمس طرف المسطرة نمرة ١ ثم يكتب فى الخانة الاولى من الجدول عدد ٢ وفى الثانية ٤،٠٠ وفى الثالثة مقدار الكسور التى قدرت باللسان ولتكن ٠،٠٥٥ متر مثلا ثم بعد ذلك ترفع المسطرة نمرة ١ بالاحتراس الزائد جدا بحيث لا يحصل منه للمسطرة نمرة ٢ أدنى اهتزاز (ويسهل رفعها بدون اهتزاز بدخول لسان المسطرة نمرة ٢ بعد تقديره) ثم توضع أمام المسطرة نمرة ٢ كما سبق ويجرى العمل عليها كسابقتها مستمرا على هذا المنوال بتنقلات المساطر واحدة بعد أخرى الى أن يتوصل الى نهاية المستقيم المراد قياسه ثم تجمع الخانة الثانية من الجدول والثالثة أيضا ويضاف الناتجان على بعضهما فالحاصل يكون هو طول البعد أ ب المذكور

هذا اذا احتوى البعد أ ب على عدد صحيح من المساطر أما ان بقى جزء صغير فيحسب طوله بواسطة تحريك خيط شاقول على طول المسطرة الاخيرة الى أن يمر بالعمود المقام

من نهاية الخط المراد قياسه بمعنى ان النقطة الارضية تكون فى المستوى الرأسى المار بخيط الشاقول والعمودى على طول المسطرة فيقرأ قسم المسطرة الموافق لخيط الشاقول ويكتب أخيرا فى الخانة الثالثة ويجمع الجدول كما سبق

(كيفية القياس بمساطر كابرك على الاراضى المائلة)

بند ٨ ـ اذا كان الخط المراد قياسه أ ب (شكل ٦) موجودا فى أرض منحدرة فيتصادف أنه بقاء المسطرة نمرة ١ مرتفعة فوق نقطة الابتداء أ بارتفاعها الاصلى يصير طرفها الامامى مرتفعا عن الطرف المؤخر للمسطرة نمرة ٢ ارتفاعا زائدا يتعذر منه جعل المسطرتين متماستين وفى هذه الحالة يجب خفض المسطرة نمرة ١ حتى تصير فى وضع به يمكن تماس المسطرتين لكن متى كان الانحدار ثابتا فى جميع امتداد الخط المراد قياسه فانه لا يمكن خفض المسطرة المجعولة أساسا ولا رفع المسطرة التالية لها بارتفاعها والطريقة السهلة العمومية هى أن يعلق خيط الشاقول فى مقدم المسطرة نمرة ١ وبعد وضع المسطرة نمرة ٢ أفقية يحرك لسانها الى أن يمس خيط الشاقول المذكور كما يتضح من الشكل وفى هذه الحالة يستعان بنظر مساعد المهندس الذى يكون متمرنا على وضع كل مسطرة على ارتفاع لائق بالنسبة للمسطرة التى تأتى بعدها بحيث لا تكون مرتفعة عنها بارتفاع زائد ويستمر العمل على هذا المنوال الى أن يتوصل الى النهاية الثانية من الخط المراد قياسه وينشأ جدول كالسابق فى بند ٧

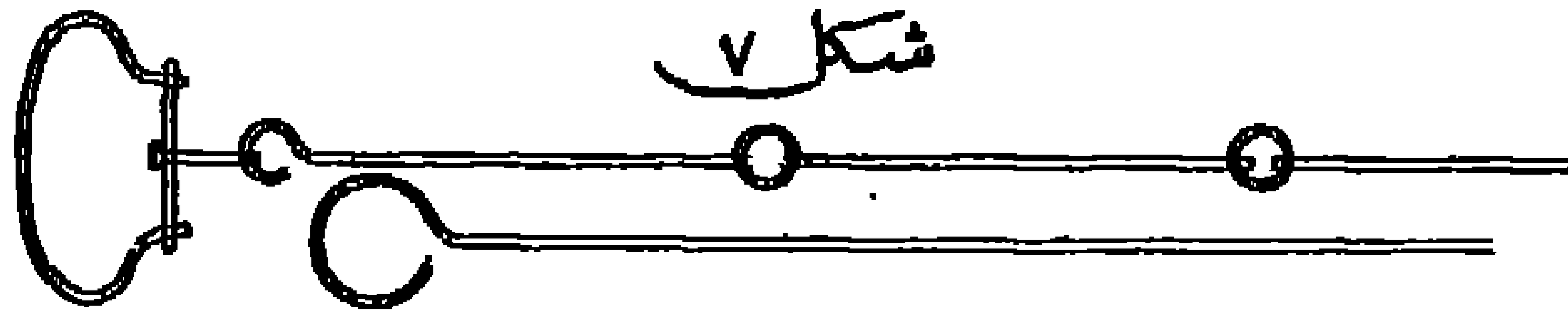


المبحث الثالث

فى الجنزير

بند ٩ ـ الجنزير هو آلة بسيطة بواسطتها يمكن قياس البعد بين نقطتين بغاية الضبط

وهو عبارة عن سلسلة من الحديد مركبة من قضبان أسطوانية الشكل قطرها من ٣ الى ٤ ميللمتر متصلة مع بعضها بواسطة حلقات مستديرة كى يمكن تطبيقها على بعضها وجعلها حزمة واحدة لسهولة حمل الجنزير ونقله وصورته مبينة (بشكل ٧)



و يجعل عادة طول الجنزير عشرة أمتار وفى الغالب عشرون مترا وعندما يكون الجنزير مشدودا بلطف يكون البعد بين مركزى كل حلقتين متتاليتين يساوى ٠٫٢٠ متر وعلى ذلك يكون بكل متر خمسة قضبان و يكون فى الجنزير الذى طوله عشرة أمتار خمسون قضيبا وقد جعلت الحلقات الفاصلة بين الامتار و بعضها من النحاس الاصفر لتميزها وتميز الحلقة الدالة على منتصف الجنزير بمسمار صغير من الحديد أو النحاس مربوط فيها والجنازير التى طولها عشرون مترا تعلم كل أربعة أمتار بقطعة من النحاس الاصفر بها اشارة أو رقم يدل على بعدها عن مبدأ الجنزير

و ينتهى القضيبان المتطرفان من الجنزير بقبضتين من الحديد لسهولة مسكه عند استعماله و يشترط فى كل جنزير أن يكون طول القبضتين بما فيه ثخنهما محسوبا من طول الجنزير والجنازير المضبوطة يعمل فى كل قبضة منها حز يسع نصف سمك المسمار بحيث ان طول الجنزير يكون هو المسافة بين الحزين

و يصحب الجنزير احد عشر مسمارا معدة لتعليم نهايات أوضاعه عند ما يراد نقله مرارا متوالية فى اتجاه الخط المراد قياسه على الارض وكل مسمار من هذه المسامير عبارة عن قضيب من الحديد سمكه كسمك قضبان الجنزير تقريبا واحد طرفيه مدبب لسهولة غرسه فى الارض وطرفه الثانى منحن على شكل حلقة لتمسك المسامير المذكورة وتحفظ من السقوط وقت الشغل وليتكأ عليها براحة اليد عند غرسها

(كيفية القياس بالجنزير على الاراضى الافقية)

يتنـ ـلـ د ـ مثلا اذا كان المطلوب قياس البعد أ ب (شكل ٣) يبتدأ أولا بتشخيصه

كما سبق ثم يخصص للقياس بالجنزير شخصان أحدهما يسمى القياس الخلفي وهو أمهرهما والثاني يسمى القياس الأمامي وكلاهما يمسك الجنزير من القبضة التي نحوه بيده اليسرى والقياس الأمامي يمسك المسامير جميعها بيده اليمنى بحيث تكون حلقاتها الى أعلى والاحسن وضع حلقات المسامير باحد أصابعه

ثم تعلم نقطة الابتداء وهي أ بوتد يغرس في الارض وتعلم النهاية الثانية ب بشاخص يغرس فيها غرسا رأسيا ثم يفرد الجنزير ويجعل في الاتجاه أب تقريبا ويضع القياس الخلفي يده بقبضة الجنزير على رأس الوتد بحيث يكون منتصف طرف القبضة على منتصف الوتد ويشد الشخص الأمامي الجنزير من قبضته بلطف مع مسكه قريبا من الارض ومتى تحقق القياسان المذكوران أن الجنزير ليس به عقد تقلل طوله وليس مرتفعا من وسطه على أحجار أو حشائش فان القياس الأمامي ينحني ويمسك مسمارا بحيث يكون رأسيا وملامسا الوسط قبضة الجنزير ويقف في حذاء الخط باشارة القياس الخلفي الذي عندما يرى ان مسمار الجنزير أتى على الخط يأمر الأمامي بتثبيته فيتكأ على المسمار براحة يده ثم يقوم الاثنان ويسيران الى الامام بسير معتاد كي لا ينعقد الجنزير الى ان يأتي القياس الخلفي محل المسمار الذي وضعه الامامي فيقف القياس الخلفي ويجعل قبضة الجنزير ملامسة للمسمار ثم يشير الى الامامي لمحاذاته على الخط ويأمره بتثبيت مسمار ثان كما حصل في المرة الاولى ثم بعد أن يأخذ القياس الخلفي المسمار الاول بيده اليمنى ويحفظ عليه يتوجهان الى الأمام ويستمر العمل على هذا المنوال بطرح الجنزير مرة بعد أخرى وفي نهاية كل طرحة يأخذ الخلفي المسمار ويحفظ عليه حتى تنتهي جميع المسامير التي كانت بيد القياس الامامي فيصير البعد من نقطة الابتداء لغاية المسمار الذي قبل الاخير (بفرض ان عدد المسامير احد عشر) عشرة طرحات أي مائة متر ان كان طول الجنزير عشرة أمتار ومائتين ان كان طول الجنزير عشرين مترا ثم ان القياس الخلفي يتحقق من تعداد العشرة مسامير بيده بعد طرح الجنزير المرة الحادية عشر ووضع المسمار بالارض ثم يعطيها للقياس الأمامي والمسمار الموجود على الارض يعد من الدفعة الثانية ويستمر العمل هكذا وكلما أعطى القياس الخلفي المسامير للقياس الأمامي دفعة يأخذ منه علامة أو خرزة الى ان الخط ينتهي فان

اشتمل البعد المراد قياسه على طول الجنزير مرارا صحيحة يضرب عدد العلامات أو الخرز في عشرة ويضاف الى الناتج عدد المسامير الباقية مع القياس الخلفي والحاصل يضرب في طول الجنزير والناتج يكون هو طول البعد أب وأما اذا بقي جزء بعد الجنزير الاخير فالقياس الامامي يمسك بقبضته الشاخص ب والخلفي يشد الجنزير من جهته بالملاطفة ويعد الحلقات الصفر الدالة على الامتار ويضيف اليها ٠٫٢٠ مترمرارا بقدر عدد الحلقات الحديد الباقية بعد المتر الاخير وبالجملة يقدر عدد السنتيمترات على القضيب الاخير بنظره ويضيف العدد المذكور الى الناتج المتقدم بمعنى أنه بعد ضرب عدد دفع اعطاء المسامير أى عدد الخرز في عشرة واضافة عدد المسامير الباقية مع الخلفي الى الحاصل وضرب الناتج في طول الجنزير يضاف الى الحاصل الاخير عدد الامتار وكسورها التي قدرت أخيرا ولنوضح ذلك بمثال رقمي فنقول

اذا فرضنا أنه في أثناء القياس أخذ القياس الامامي المسامير من الخلفي ثلاث دفع وعند انتهاء قياس الخط وجد مع القياس الخلفي أربعة مسامير وتبقى بعد ذلك بعد قدره القياس الخلفي فوجده ٤٫٨٥ أى أربعة حلقات صفر وأربعة حلقات حديد وربع طول قضيب فيكون البعد المراد قياسه ان كان طول الجنزير عشرة أمتار هو

طول الجنزير عدد الدفع عدد المسامير المسامير الباقية اضافة أخيرة

١٠ (٣ × ١٠ + ٤) + ٤٫٨٥ = ٣٤٤٫٨٥ متر

(تنبيه)

يجب أن يكون القياسون متدربين على اجراء هذا العمل بالضبط حيث أن القياس أساس ضبط الاشغال ويجب أن يدقق المهندس على القياس الخلفي بعد المسامير عند اعطائها للقياس الامامي كل دفعة كما ان الامامي يفعل ذلك عند أخذها ويدقق عليهما أيضا بشد الجنزير شدا أفقيا عند كل طرحة وان لا يكون الجنزير معقدا ولا مرتفعا من وسطه كما وانه لا يكون منحنيا من وسطه ان كان هناك بعض حفر وان ينظر الى القضبان بحيث لا تكون معوجة ويصلح ما يظهر بها من الاعوجاج وقت العمل وان تغرس المسامير غرسا رأسيا وانه عند تمام قياس كل خط ينظر للحلقات الجامعة للقضبان ربما تكون

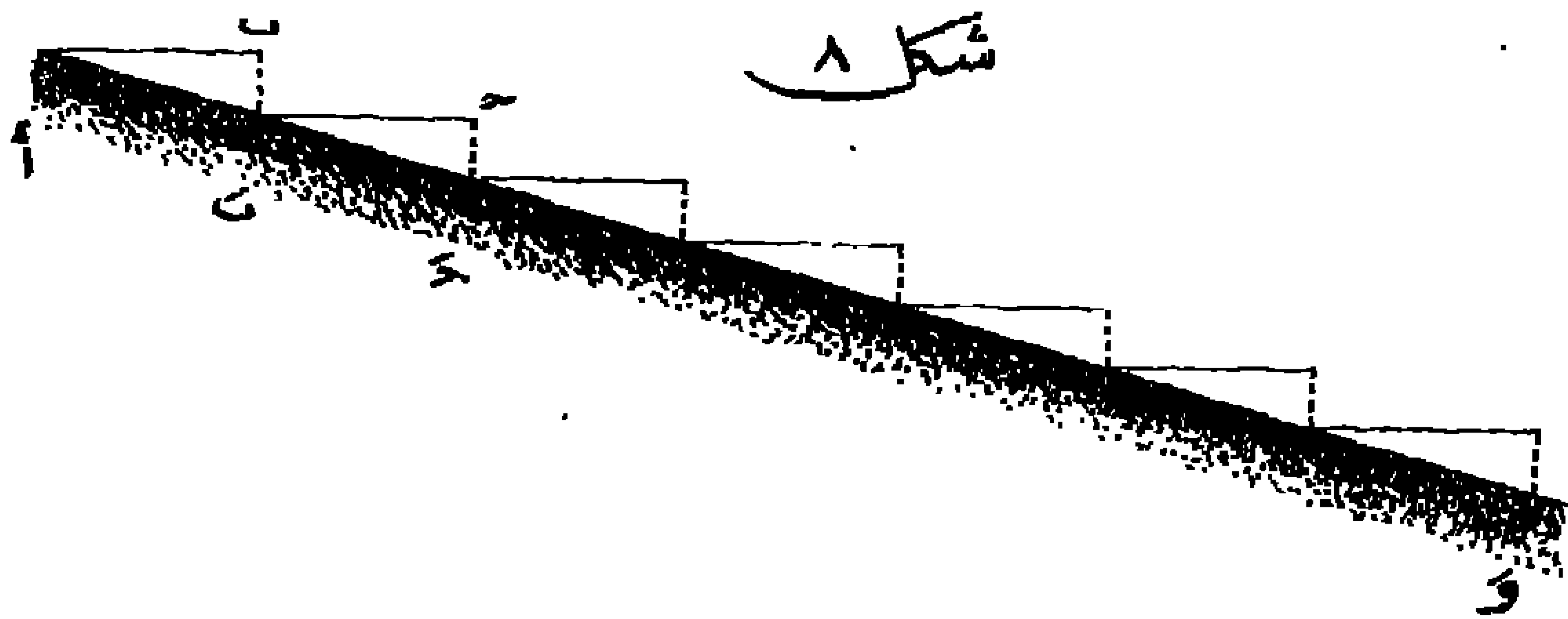
انفردت من كثرة شد الجنزير أو أخذت شكلا شبيها بالقطع الناقص لان هذا يسبب ازدياد طول الجنزير ولاجل ضبط الاعمال يلزم وضع نقطتين ثابتتين كوتدين على بعد طول جنزير مقاس بجنزير محقق طوله وقبل الابتداء فى الاشغال يوميا يقارن طول الجنزير بهذه المسافة

و بعمل الاحتراسات المتقدمة لا يحصل خطأ فى القياس أزيد من ديسمتر فى كل مائة متر.

(فى قياس الأبعاد بالجنزير على الاراضى المائلة)

بند ١١ ـ اذا كانت الارض المطلوب قياس الأبعاد عليها منحدرة أى مائلة على الافق بميل محسوس فيقتضى معرفة الابعاد اللازم قياسها محولة الى الافق

مثلا اذا كان المطلوب قياس بعد مثل او على أرض مائلة (شكل ٨) فيلزم فى هذه الحالة ان يطبق الجنزير نصفين ليسهل شده و وضعه أفقيا ثم توضع احدى نهايتيه



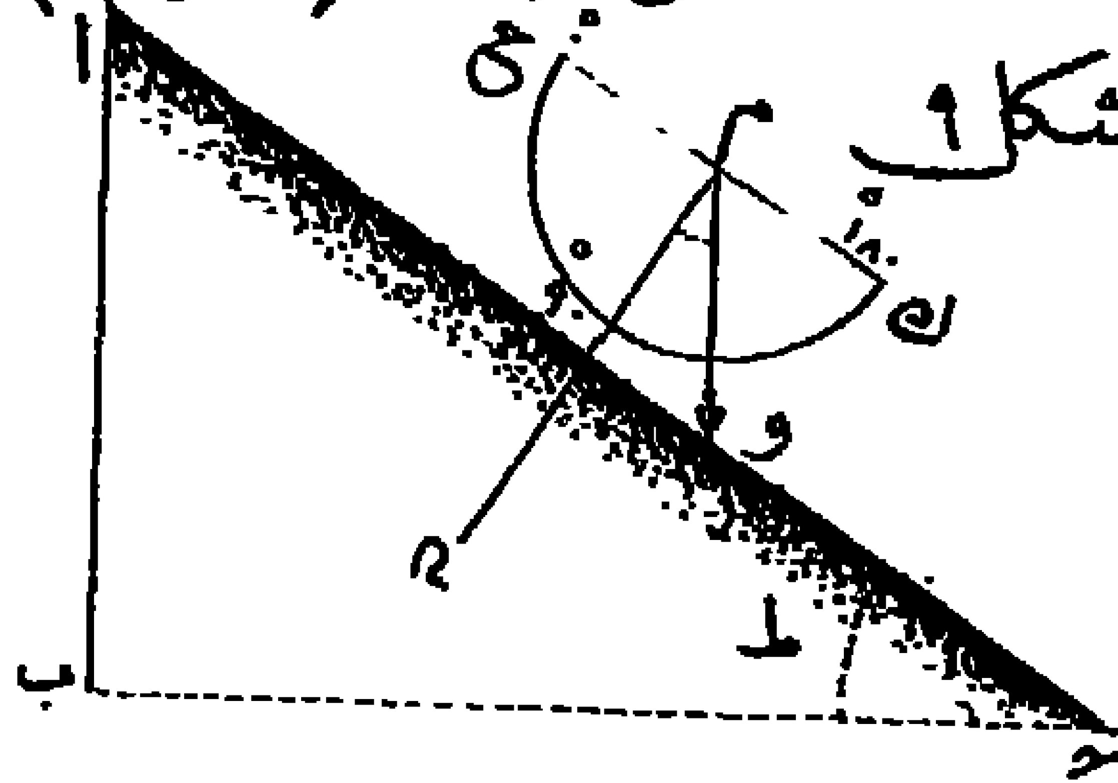
فى نقطة الابتداء أ ويشد أفقيا فى اتجاه الخط أوَ ثم تسقط نهايته الثانية (اما بخيط شاقول أو بمسمار به ثقل رصاص معد لذلك) فى بَ أو يشد على شاخص يوضع رأسيا بالشاقول ثم يعلم محل ركيزه أى بَ فيكون الميل أبَ مقدرا على الافق بنصف طول الجنزير وهو أب ثم ينقل الجنزير وهو مطبق أيضا وتثبت احدى النهايتين فى بَ ويشد أفقيا فى اتجاه بَ حـ وتسقط النهاية الثانية حـ فى حَ على الخط المائل كما تقدم فالميل بَ حَ يكون مقداره محولا الى الافق هو بَ حـ أى نصف طول الجنزير ويستمر العمل على هذا المنوال حتى ينتهى الميل أوَ فحاصل ضرب عدد المسامير فى نصف طول الجنزير يكون هو طول الميل أوَ محولا الى الافق من أول الامر

ولكن

ولكن هذه الطريقة غير مضبوطة بسبب أنه يصعب شد الجنزير بالاستقامة التامة بل يكون على هيئة منحنٍ ولا يمكن جعله أفقياً بالضبط وعند اسقاط النهاية الثانية يحصل اختلاف جزئي ولتجنب هذا الخطأ جميعه يستحسن قياس الميل على حدته مثل القياس على الارض الافقية ثم يحول الميل الى الافق بالطريقة الآتية

(طريقة تحويل الميل الى الافق)

بند ١٢ ـ لاجل تحويل الميل أ ح الى الطول الافقي ب ح (شكل ٩) يلزم معرفة مقدار زاوية الميل ط أي الزاوية المحصورة بين الميل والافق وتتعين هذه الزاوية باحدى الآلات التي سنشرحها فيما بعد وهنا نبين للمبتدي كيفية قياس هذه الزاوية بواسطة الرق وخيط الشاقول



وذلك أنه يؤخذ الرق ويوضع حرفه لـ ح موازياً للميل أ ح ويسهل ذلك بوضع الرق على قائمين متساويي الطول موضوعين رأسياً ثم يمر من مركزه م خيط شاقول فيأخذ الاتجاه الرأسي م و العمودي على الافقي ح ب والخط م ى الواصل من مركز الرق الى نقطة °٩٠ يكون عمودياً على الميل أ ح حيث انه عمودي على لـ ح الموازي له وتكون زاوية و م ى المبينة على الرق مساوية لزاوية ط التي هي زاوية الميل بسبب تعامد أضلاعهما وحينئذ يمكن معرفة طول البعد ح ب من مثلث أ ح ب القائم الزاوية ويكون

ب ح = أ ح جتا ط

ولسهولة حساب طول أي ميل محول الى الافق بعد معرفة زاوية الميل قد عمل جدول مركب من عشر خانات الاولى معنونة بالحرف ط وتحتوي على مقاديرها من °١٠ الى °٤٥ وهي النهاية العظمى للميول المعتبرة والثانية معنونة جتا ط وتحتوي على مقادير المتر الواحد محولاً الى الافق أي مقادير جيوب التمام الطبيعية للزوايا المبينة

فى الخانة الاولى وأما الثمان خانات الاخر فليست سوى حواصل ضرب اعداد الخانة الثانية فى ٢و٣و٤و٥و٦و٧و٨و٩ .

وبعبارة أخرى فالتسع خانات الاخيرة تعطى الاطوال الافقية المطابقة بالتناظر لمتر واثنين وثلاثة وأربعة ٠٠٠ لغاية تسعة أمتار مقيسة بالجنزير على أرض مائلة على حسب الزاوية المدلول عليها فى الخانة الاولى وصورة الجدول مبينة فى (لوحة ١)

بند ١٣ ـ ولنوضح كيفية استعمال الجدول المذكور بالمثال الآتى لتفهم سهولة استعماله

اذا فرض أنه قيس بعد على أرض منحدرة أى مائلة على الافق بزاوية قدرها ١٣° مثلا وكان طوله ٤١٨ مترا فما يكون طول هذا البعد محولا الى الافق

فلذلك يقال أنه بالبحث فى الجدول عن الخط المحازى للميل (١٣°) يوجد

فى الخانة الخامسة ٤ متر = ٣,٨٩٧٤٨ فيكون ٤٠٠ متر =		٣٨٩,٧٤٨
فى الخانة الثانية ١ متر = ٠,٩٧٤٣٧ ويكون ١٠ متر =		٩,٧٤٤
وفى الخانة التاسعة	٨ متر =	٨,٧٩٥
وبالجمع يحدث	٤١٨ متر =	٤٠٧,٢٨٧

ويرى أن البعد ٤١٨ مترا فى ميل ١٣° يكون مقداره محوّلا الى الافق هو ٤٠٧,٢٨٧ متر وقس على ذلك

المبحث الرابع

فى الشريط الصلب والشريط العادى

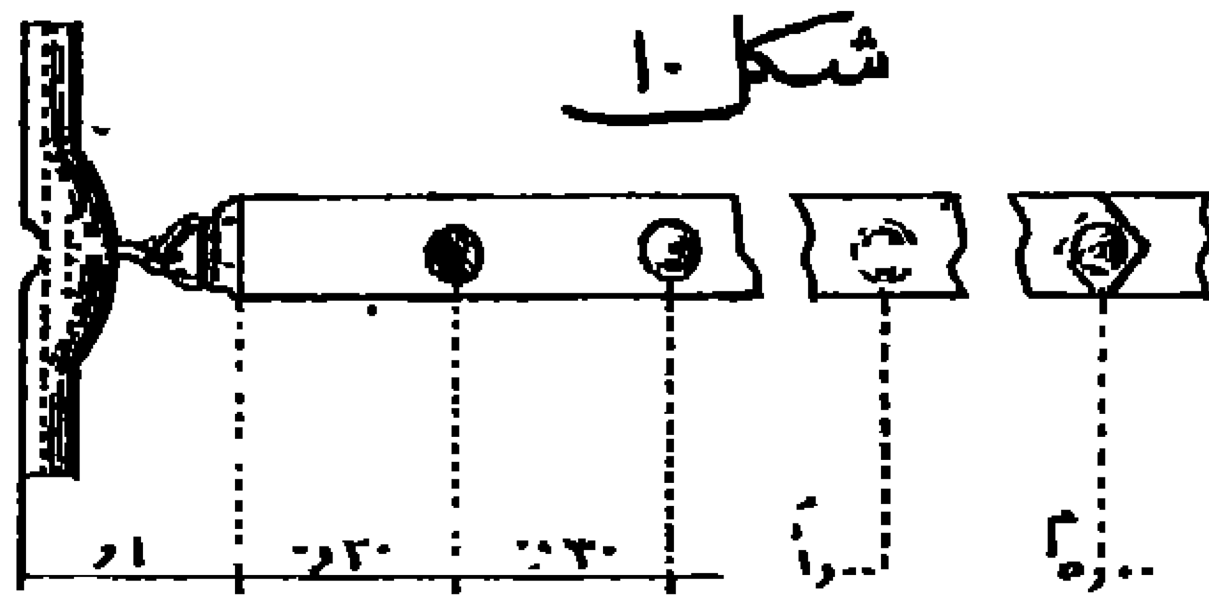
بند ١٤ ـ قد ظهر من عهد قريب أشرطة من الصلب أو الفولاذ طول الواحد منها عشرة أمتار أو عشرون مترا تستعمل بدل الجنزير فى القياس المضبوط حيث ان مقدار تمددها اقليل عن تمدد الجنازير وفى هذه الأشرطة تعلم النقط الفاصلة بين الأمتار بحلقات من النحاس الاصفر مرقوم عليها نمرة المتر ومبرشمة فى الشريط والفواصل بين الدوبل ديسمترات معلمة أيضا بحلقات أصغر عن الاولى والفواصل بين الديسمترات معلمة بثقوب صغيرة ومنتصف الشريط معلم بحلقة مربعة

ويتنهى

جدول تحويل الابعاد المقاسة بالجنزير الى الافق (لوحه ١)

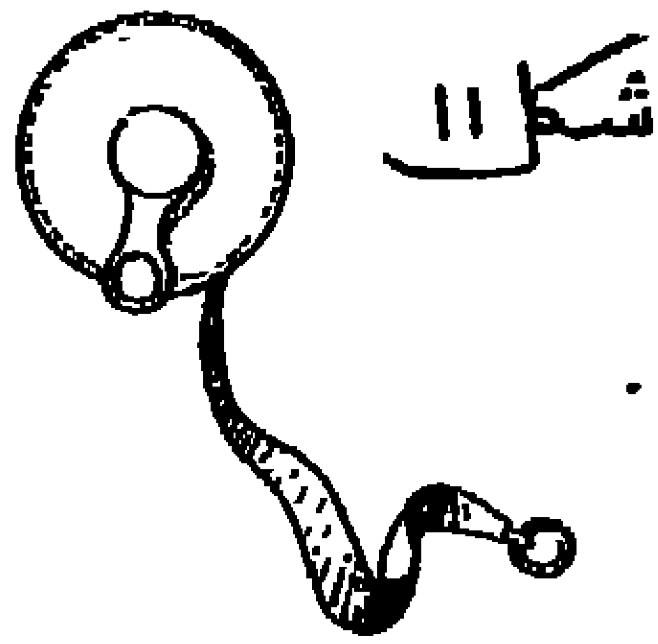
زاوية ط ه	جتا ط	٢جتا ط	٣جتا ط	٤جتا ط	٥جتا ط	٦جتا ط	٧جتا ط	٨جتا ط	٩جتا ط
٠	١و٠٠٠٠٠	٢و٠٠٠٠٠	٣و٠٠٠٠٠	٤و٠٠٠٠٠	٥و٠٠٠٠٠	٦و٠٠٠٠٠	٧و٠٠٠٠٠	٨و٠٠٠٠٠	٩و٠٠٠٠٠
١	٠و٩٩٩٨٥	١و٩٩٩٧٠	٢و٩٩٩٥٥	٣و٩٩٩٤٠	٤و٩٩٩٢٥	٥و٩٩٩١٠	٦و٩٩٨٩٥	٧و٩٩٨٨٠	٨و٩٩٨٦٥
٢	٠و٩٩٩٣٩	١و٩٩٨٧٨	٢و٩٩٨١٧	٣و٩٩٧٥٦	٤و٩٩٦٩٥	٥و٩٩٦٣٤	٦و٩٩٥٧٣	٧و٩٩٥١٢	٨و٩٩٤٥١
٣	٠و٩٩٨٦٣	١و٩٩٧٢٦	٢و٩٩٥٨٩	٣و٩٩٤٥٢	٤و٩٩٣١٥	٥و٩٩١٧٨	٦و٩٩٠٣١	٧و٩٨٩٠٤	٨و٩٨٧٦٧
٤	٠و٩٩٧٥٦	١و٩٩٥١٢	٢و٩٩٢٦٨	٣و٩٩٠٢٤	٤و٩٨٧٨٠	٥و٩٨٥٣٦	٦و٩٨٢٩٢	٧و٩٨٠٤٨	٨و٩٧٨٠٤
٥	٠و٩٩٦١٩	١و٩٩٢٣٨	٢و٩٨٨٥٧	٣و٩٨٤٧٦	٤و٩٨٠٩٥	٥و٩٧٧١٤	٦و٩٧٣٣٣	٧و٩٦٩٥٢	٨و٩٦٥٧١
٦	٠و٩٩٤٥٢	١و٩٨٩٠٤	٢و٩٨٣٥٦	٣و٩٧٨٠٨	٤و٩٧٢٦٠	٥و٩٦٧١٢	٦و٩٦١٦٤	٧و٩٥٦١٦	٨و٩٥٠٦٨
٧	٠و٩٩٢٥٥	١و٩٨٥١٠	٢و٩٧٧٦٥	٣و٩٧٠٢٠	٤و٩٦٢٧٥	٥و٩٥٥٣٠	٦و٩٤٧٨٥	٧و٩٤٠٤٠	٨و٩٣٢٩٥
٨	٠و٩٩٠٢٧	١و٩٨٠٥٤	٢و٩٧٠٨١	٣و٩٦١٠٨	٤و٩٥١٣٥	٥و٩٤١٦٢	٦و٩٣١٨٩	٧و٩٢٢١٦	٨و٩١٢٤٣
٩	٠و٩٨٧٦٩	١و٩٧٥٣٨	٢و٩٦٣٠٧	٣و٩٥٠٧٦	٤و٩٣٨٤٥	٥و٩٢٦١٤	٦و٩١٣٨٣	٧و٩٠١٥٢	٨و٨٨٩٢١
١٠	٠و٩٨٤٨١	١و٩٦٩٦٢	٢و٩٥٤٤٣	٣و٩٣٩٢٤	٤و٩٢٤٠٥	٥و٩٠٨٨٦	٦و٨٩٣٦٧	٧و٨٧٨٤٨	٨و٨٦٣٢٩
١١	٠و٩٨١٦٣	١و٩٦٣٢٦	٢و٩٤٤٨٩	٣و٩٢٦٥٢	٤و٩٠٨١٥	٥و٨٨٩٧٨	٦و٨٧١٤١	٧و٨٥٣٠٤	٨و٨٣٤٦٧
١٢	٠و٩٧٨١٥	١و٩٥٦٣٠	٢و٩٣٤٤٥	٣و٩١٢٦٠	٤و٨٩٠٧٥	٥و٨٦٨٩٠	٦و٨٤٧٠٥	٧و٨٢٥٢٠	٨و٨٠٣٣٥
١٣	٠و٩٧٤٣٧	١و٩٤٨٧٤	٢و٩٢٣١١	٣و٨٩٧٤٨	٤و٨٧١٦٥	٥و٨٤٦٢٢	٦و٨٢٠٥٩	٧و٧٩٤٩٦	٨و٧٦٩٣٣
١٤	٠و٩٧٠٣٠	١و٩٤٠٦٠	٢و٩١٠٩٠	٣و٨٨١٢٠	٤و٨٥١٥٠	٥و٨٢١٨٠	٦و٧٩٢١٠	٧و٧٦٢٤٠	٨و٧٣٢٧٠
١٥	٠و٩٦٥٩٣	١و٩٣١٨٦	٢و٨٩٧٧٩	٣و٨٦٣٧٢	٤و٨٢٩٦٥	٥و٧٩٥٥٨	٦و٧٦١٥١	٧و٧٢٧٤٤	٨و٦٩٣٣٧
١٦	٠و٩٦١٢٦	١و٩٢٢٥٢	٢و٨٨٣٧٨	٣و٨٤٥٠٤	٤و٨٠٦٣٠	٥و٧٦٧٥٦	٦و٧٢٨٨٢	٧و٦٩٠٠٨	٨و٦٥١٣٤
١٧	٠و٩٥٦٣٠	١و٩١٢٦٠	٢و٨٦٨٩٠	٣و٨٢٥٢٠	٤و٧٨١٥٠	٥و٧٣٧٨٠	٦و٦٩٤١٠	٧و٦٥٠٤٠	٨و٦٠٦٧٠
١٨	٠و٩٥١٠٦	١و٩٠٢١٢	٢و٨٥٣١٨	٣و٨٠٤٢٤	٤و٧٥٥٣٠	٥و٧٠٦٣٦	٦و٦٥٧٤٢	٧و٦٠٨٤٨	٨و٥٥٩٥٤
١٩	٠و٩٤٥٥٢	١و٨٩١٠٤	٢و٨٣٦٥٦	٣و٧٨٢٠٨	٤و٧٢٧٦٠	٥و٦٧٣١٢	٦و٦١٨٦٤	٧و٥٦٤١٦	٨و٥٠٩٦٨
٢٠	٠و٩٣٩٦٩	١و٨٧٩٣٨	٢و٨١٩٠٧	٣و٧٥٨٧٦	٤و٦٩٨٤٥	٥و٦٣٨١٤	٦و٥٧٧٨٣	٧و٥١٥٧٢	٨و٤٥٧٢١
٢١	٠و٩٣٣٥٨	١و٨٦٧١٦	٢و٨٠٠٧٤	٣و٧٣٤٣٢	٤و٦٦٧٩٠	٥و٦٠١٤٨	٦و٥٣٥٠٦	٧و٤٦٨٦٤	٨و٤٠٢٢٢
٢٢	٠و٩٢٧١٨	١و٨٥٤٣٦	٢و٧٨١٥٤	٣و٧٠٨٧٢	٤و٦٣٥٩٠	٥و٥٦٣٠٨	٦و٤٩٠٢٦	٧و٤١٧٤٤	٨و٣٤٤٦٢
٢٣	٠و٩٢٠٥٠	١و٨٤١٠٠	٢و٧٦١٥٠	٣و٦٨٢٠٠	٤و٦٠٢٥٠	٥و٥٢٣٠٠	٦و٤٤٣٥٠	٧و٣٦٤٠٠	٨و٢٨٤٥٠
٢٤	٠و٩١٣٥٥	١و٨٢٧١٠	٢و٧٤٠٦٥	٣و٦٥٤٢٠	٤و٥٦٧٧٥	٥و٤٨١٣٠	٦و٣٩٤٨٥	٧و٣٠٨٤٠	٨و٢٢١٩٥
٢٥	٠و٩٠٦٣١	١و٨١٢٦٢	٢و٧١٨٩٣	٣و٦٢٥٢٤	٤و٥٣١٥٥	٥و٤٣٧٨٦	٦و٣٤٤١٧	٧و٢٥٠٤٨	٨و١٥٦٧٩
٢٦	٠و٨٩٨٧٩	١و٧٩٧٥٨	٢و٦٩٦٣٧	٣و٥٩٥١٦	٤و٤٩٣٩٥	٥و٣٩٢٧٤	٦و٢٩١٥٣	٧و١٩٠٣٢	٨و٠٨٩١١
٢٧	٠و٨٩١٠١	١و٧٨٢٠٢	٢و٦٧٣٠٣	٣و٥٦٤٠٤	٤و٤٥٥٠٥	٥و٣٤٦٠٦	٦و٢٣٧٠٧	٧و١٢٨٠٨	٨و٠١٩٠٩
٢٨	٠و٨٨٢٩٥	١و٧٦٥٩٠	٢و٦٤٨٨٥	٣و٥٣١٨٠	٤و٤١٤٧٥	٥و٢٩٧٧٠	٦و١٨٠٦٥	٧و٠٦٣٦٠	٧و٩٤٦٥٥
٢٩	٠و٨٧٤٦٢	١و٧٤٩٢٤	٢و٦٢٣٨٦	٣و٤٩٨٤٨	٤و٣٧٣١٠	٥و٢٤٧٧٢	٦و١٢٢٣٤	٦و٩٩٦٩٦	٧و٨٧١٥٨
٣٠	٠و٨٦٦٠٣	١و٧٣٢٠٦	٢و٥٩٨٠٩	٣و٤٦٤١٢	٤و٣٣٠١٥	٥و١٩٦١٨	٦و٠٦٢٢١	٦و٩٢٨٢٤	٧و٧٩٤٢٧
٣١	٠و٨٥٧١٧	١و٧١٤٣٤	٢و٥٧١٥١	٣و٤٢٨٦٨	٤و٢٨٥٨٥	٥و١٤٣٠٢	٦و٠٠٠١٩	٦و٨٥٧٣٦	٧و٧١٤٥٣
٣٢	٠و٨٤٨٠٥	١و٦٩٦١٠	٢و٥٤٤١٥	٣و٣٩٢٢٠	٤و٢٤٠٢٥	٥و٠٨٨٣٠	٥و٩٣٦٣٥	٦و٧٨٤٤٠	٧و٦٣٢٤٥
٣٣	٠و٨٣٨٦٧	١و٦٧٧٣٤	٢و٥١٦٠١	٣و٣٥٤٦٨	٤و١٩٣٣٥	٥و٠٣٢٠٢	٥و٨٧٠٦٩	٦و٧٠٩٣٦	٧و٥٤٨٠٣
٣٤	٠و٨٢٩٠٤	١و٦٥٨٠٨	٢و٤٨٧١٢	٣و٣١٦١٦	٤و١٤٥٢٠	٤و٩٧٤٢٤	٥و٨٠٣٢٨	٦و٦٣٢٣٢	٧و٤٦١٣٦
٣٥	٠و٨١٩١٥	١و٦٣٨٣٠	٢و٤٥٧٤٥	٣و٢٧٦٦٠	٤و٠٩٥٧٥	٤و٩١٤٩٠	٥و٧٣٤٠٥	٦و٥٥٣٢٠	٧و٣٧٢٣٥
٣٦	٠و٨٠٩٠٢	١و٦١٨٠٤	٢و٤٢٧٠٦	٣و٢٣٦٠٨	٤و٠٤٥١٠	٤و٨٥٤١٢	٥و٦٦٣١٤	٦و٤٧٢١٦	٧و٢٨١١٨
٣٧	٠و٧٩٨٦٤	١و٥٩٧٢٨	٢و٣٩٥٩٢	٣و١٩٤٥٦	٣و٩٩٣٢٠	٤و٧٩١٨٤	٥و٥٩٠٤٨	٦و٣٨٩١٢	٧و١٨٧٧٦
٣٨	٠و٧٨٨٠١	١و٥٧٦٠٢	٢و٣٦٤٠٣	٣و١٥٢٠٤	٣و٩٤٠٠٥	٤و٧٢٨٠٦	٥و٥١٦٠٧	٦و٣٠٤٠٨	٧و٠٩٢٠٩
٣٩	٠و٧٧٧١٥	١و٥٥٤٣٠	٢و٣٣١٤٥	٣و١٠٨٦٠	٣و٨٨٥٧٥	٤و٦٦٢٩٠	٥و٤٤٠٠٥	٦و٢١٧٢٠	٦و٩٩٤٣٥
٤٠	٠و٧٦٦٠٤	١و٥٣٢٠٨	٢و٢٩٨١٢	٣و٠٦٤١٦	٣و٨٣٠٢٠	٤و٥٩٦٢٤	٥و٣٦٢٢٨	٦و١٢٨٣٢	٦و٨٩٤٣٦
٤١	٠و٧٥٤٧١	١و٥٠٩٤٢	٢و٢٦٤١٣	٣و٠١٨٨٤	٣و٧٧٣٥٥	٤و٥٢٨٢٦	٥و٢٨٢٩٧	٦و٠٣٧٦٨	٦و٧٩٢٣٩
٤٢	٠و٧٤٣١٤	١و٤٨٦٢٨	٢و٢٢٩٤٢	٢و٩٧٢٥٦	٣و٧١٥٧٠	٤و٤٥٨٨٤	٥و٢٠١٩٨	٥و٩٤٥١٢	٦و٦٨٨٢٦
٤٣	٠و٧٣١٣٥	١و٤٦٢٧٠	٢و١٩٤٠٥	٢و٩٢٥٤٠	٣و٦٥٦٧٥	٤و٣٨٨١٠	٥و١١٩٤٥	٥و٨٥٠٨٠	٦و٥٨٢١٥
٤٤	٠و٧١٩٣٤	١و٤٣٨٦٨	٢و١٥٨٠٢	٢و٨٧٧٣٦	٣و٥٩٦٧٠	٤و٣١٦٠٤	٥و٠٣٥٣٨	٥و٧٥٤٧٢	٦و٤٧٤٠٦
٤٥	٠و٧٠٧١١	١و٤١٤٢٢	٢و١٢١٣٣	٢و٨٢٨٤٤	٣و٥٣٥٥٥	٤و٢٤٢٦٦	٤و٩٤٩٧٧	٥و٦٥٦٨٨	٦و٣٦٣٩٩

وينتهى الشريط من طرفيه بقبضتين من النحاس الاصفر مصنوع فى كل منهما تجويف معد لجزء نصف المسمار داخله عند الشغل به أى ان التجويف المذكور يكون مساو بالنصف بدن المسمار كما يشاهد من (شكل ١٠)



ويقاس بالشريط الصلب على الارض الافقية والمائلة بالطرق المبينة فى بـ١٠ـد وبـ١١ـد وعادة بعد انتهاء الشغل بالشريط المذكور يلف على قرص من خشب مجوف كالبكرة أو على صليب من الخشب قوائمه مجوفة بتجويف مساو لعرض الشريط ثم يربط بحبل رفيع كى لا ينفك

بـ١٥ـد — يستعمل أيضا فى قياس الابعاد القصيرة شريط عادى من القماش داخل علبة أسطوانية صغيرة يلف على محور يتحرك بواسطة منويلة صغيرة خارج العلبة ظاهرة فى احدى قاعدتيها وتفتح العلبة المذكورة بطول أحد رواسمها بفتحة تسمح لدخول الشريط وخروجه منها وينتهى الشريط من طرفه بحلقة من النحاس الاصفر كبيرة عن فتحة العلبة لسحب الشريط منها وعدم اختفائه بأكمله داخل العلبة (شكل ١١) واستعمال الشريط المذكور كاستعمال الجنزير فى الاشغال الصغيرة وفى العمارات وتنمر عليه الامتار باللون الاحمر

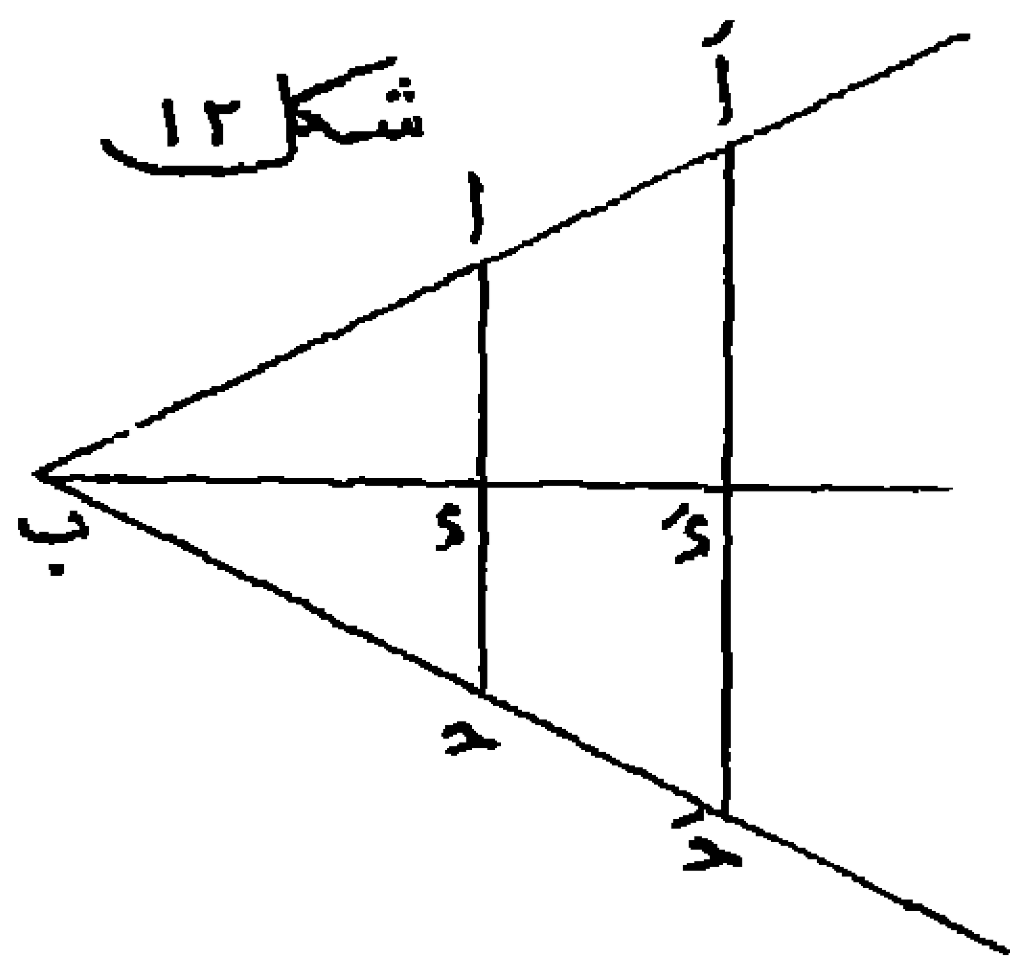


والديسيمترات والسنتيمترات باللون الاسود واحيانا يقسم أحد أوجه الشريط تقاسيم مترية ووجهه الثانى يقسم أقداما انكليزية تبين عليه الاقدام باللون الاحمر والبوصات باللون الاسود

المبحث الخامس

آلة استاديا وشرحها واستعمالها

بند ١٦ ـ اذا فرضت زاوية ثابتة مثل أ ب ح حاصرة داخلها مسطرة معلومة الطول أ ح (شكل ١٢) عمودية على اتجاه الخط المنصف للزاوية المذكورة وكان بعدها عن رأس الزاوية وهو ب د معلوما فتكون النسبة $\frac{\text{ب د}}{\text{أ ح}}$ معلومة فاذا وضعت مسطرة أخرى معلومة الطول مثل أَ حَ موازية للاولى بحيث أنها تنحصر داخل ضلعى الزاوية المذكورة فانه بعد معلومية النسبة $\frac{\text{ب د}}{\text{أ ح}}$ يعلم البعد ب دَ لانه من مثلثى ب أ د و ب أَ دَ المتشابهين يحدث



ب د : أ د :: ب دَ : أَ دَ وبضرب التاليين فى ٢ يحدث

ب د : ٢ أ د :: ب دَ : ٢ أَ دَ أو

ب د : أ ح :: ب دَ : أَ حَ (١) ومنه يحدث

$$\text{ب دَ} = \frac{\text{ب د} \times \text{أَ حَ}}{\text{أ ح}}$$

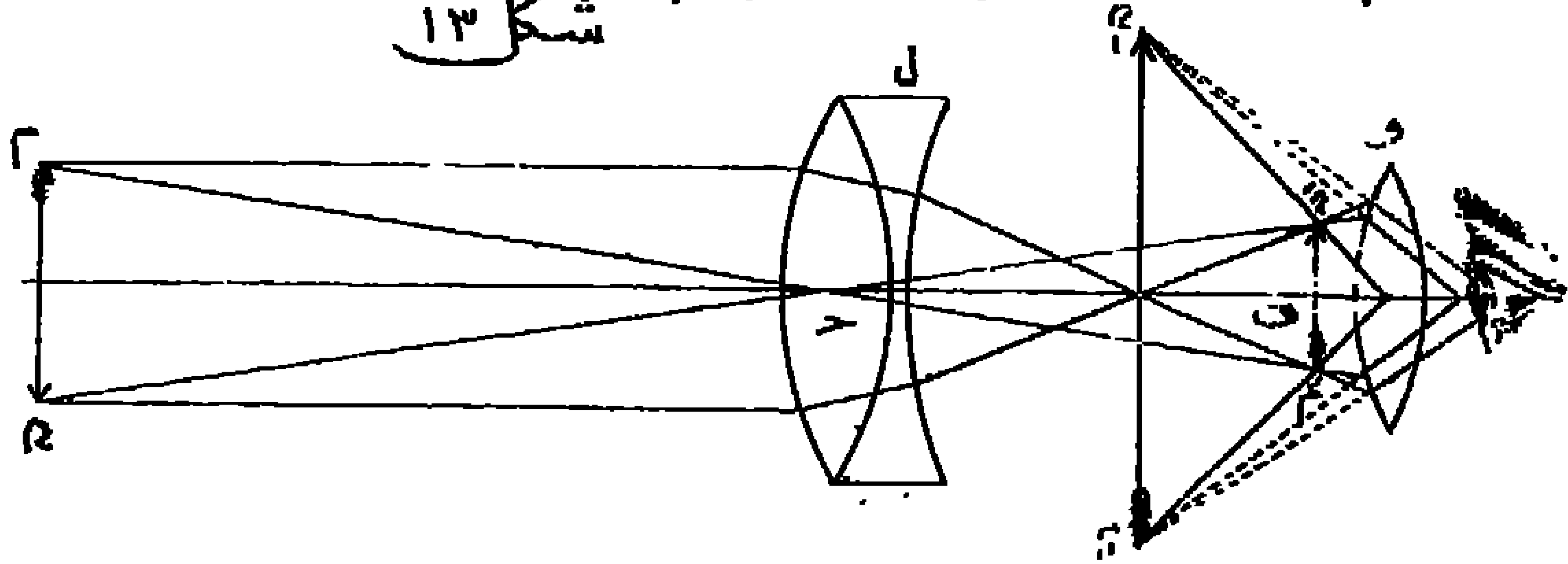
أعنى أن بعد أى مسطرة معلومة الطول محصورة بين ضلعى الزاوية المذكورة يساوى طول المسطرة مضروبا فى $\frac{\text{ب د}}{\text{أ ح}}$

ويمكن أن يعبر عن تناسب (١) بأن يقال

اذا فرضت عدة أشياء (كساطر) ذات أطوال مختلفة ومحصورة داخل زاوية بصرية ثابتة فان أبعادها عن عين الراصد تكون مناسبة لاطوالها بالتناظر

وقبل التكلم على آلة استاديا يلزمنا معرفة تركيب النظارة من حيث هى فنقول أن النظارة تتركب من عدستين مجمعتين من الزجاج ملبستين فى نهايتى أنبوبة من النحاس الاصفر مسودة من الداخل واحدى هاتين الزجاجتين ل (شكل ١٣) تسمى العدسة

الشيئية أعنى التى توضع جهة الشئ م د مثلا الذى تتكون صورته التصورية (مقلوبة) فى النظارة بتقاطع كافة الاشعة البصرية الآتية منه فى نقطة واحدة تصورية على محور النظارة مثل ف تسمى بالبورة الاصلية للشيئية أو للنظارة وهذه الصورة المعكوسة مَ دَ تكون أصغر جدا من الشئ م د



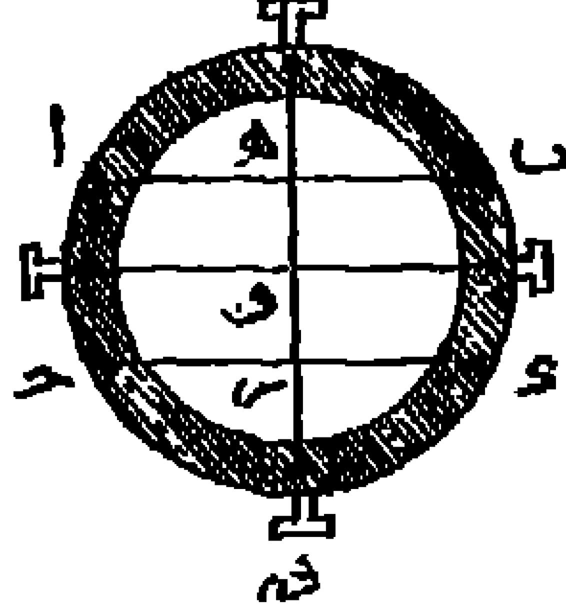
وعكس الصورة المذكورة يتمرن عليه بالتعود

ثم ان الصورة مَ دَ تكبر بنظرها بالعدسة الاخرى و المسماة بالعينية الموضوعة فى النهاية الثانية من الأنبوبة وتقرب وتبعد من الصورة التصورية على حسب قوة نظر الراصد بواسطة مجر مخصوص وهذه العدسة التى توضع بجوار العين تتكون داخلها الصورة مَ دَ معظمة فى م$_1$ د$_1$

ثم انه فى النقطة التى تتكون فيها الصورة مَ دَ يوضع حامل شعر وهو عبارة عن حلقة من نحاس يثبت عليها شعرتان متعامدتان ونقطة تقاطعهما هى مركز الحلقة ويوجد بدائرة الحلقة ثقوب أربعة مقلوظة مجعولة لان يمر بها أربعة مسامير برمية يثبت بواسطتها حامل الشعر داخل النظارة

اذا تقرر ما ذكر يقال اننا اذا كونا زاوية ثابتة داخل النظارة سواء كان بواسطة ديافراجم (صفيحة معدنية مرسومة عليها الشعرات بخيوط معدنية) موضوع فى بورة العدسة الشيئية ومحصور فى شباك أحرفه أفقية أو بشعرتين أفقيتين فقط موضوعتين فى الوضع عينه فى مستو عمودى على محور النظارة فهذه الزاوية تحصر داخلها طولا طويلا أو قصيرا من مسطرة أو قامة متر رأسية (سيأتى الكلام على القامة متر فى الجزء الثانى) تبعا لكون المسطرة موضوعة على بعد كبير أو صغير من رأس الزاوية

بناء على ماذكر اذا أخذت نظارة موجود بها حامل شعر (شكل ١٤) وأثبت عليه شعرتان أفقيتان متوازيتان أب و حد وعلى بعدين هو و ور متساويين من الشعرة الافقية المارة بمركزه و ونظر بهذه النظارة الى مسطرة رأسية على بعد ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا شكل ١٤ ح



مقيس قياسا مضبوطا فان الجزء من المسطرة المحصور فى اتجاهى الشعاعين البصريين الخارجين من عين الراصد وأحدهما مار بالشعرة أب والآخر مار بالشعرة حد يساوى عكس النسبة السابقة مضروبا فى البعد ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا (الذى هو بعد المسطرة عن الراصد) يعنى ان الجزء من المسطرة المحصور بين الشعاعين البصريين المار أحدهما بالشعرة العليا والآخر بالشعرة السفلى يكون هو المقابل لمسافة قدرها ١٥٠ مترا فاذا قسم جزء المسطرة المذكور الى ١٥٠ جزأ متساوية لكان كل جزء من هذه الاجزاء يقابل بعد متر واحد وهذا ما يسمى بتدريج المسطرة

وينتج من ذلك أنه اذا وضعت المسطرة رأسية أمام النظارة على بعد ما فانه يمكن معلومية هذا البعد بوضع الشعاع المار باحدى الشعرتين على صفر التقاسيم فالشعاع المار بالشعرة الثانية يقابل عددا من تقاسيم المسطرة يدل على عدد الوحدات الطولية التى توجد بين وضع المسطرة والنظارة

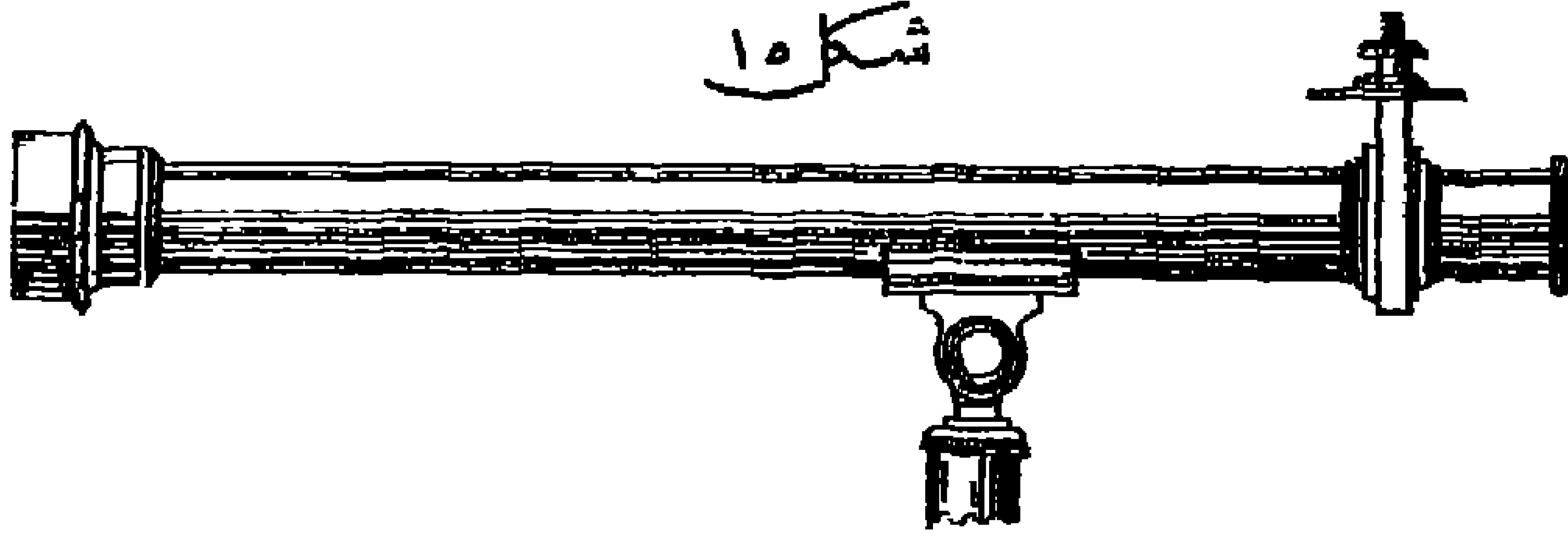
وفى العادة تلون المسطرة باللون الابيض وتبين عليها التقاسيم اما بالاحمر أو بالاسود مع وضع أعداد أو علامات بها تسهل قراءة أى عدد عليها

وبالاختصار يقال ان استاديا مركبة من نظارة محمولة على رجل عادية ذات ثلاث شعب (شكل ١٥) ويكون داخل هذه النظارة زاوية كما تقدم ومصحوب بها مسطرة مدرجة تكون تقاسيمها مطابقة تطابقا تاما الانفراج هذه الزاوية ومدرجة بالكيفية التى

تقدمت

تقدمت بحيث انه عند الشغل بهذه الآلة اذا حصل لاحدى شعرتيها تغير أو قطع بسبب من الاسباب لزم بعد تصليح هذه الشعرة تدريج المسطرة بالثانى ولا يرتكن على هذه الآلة اذا كان بها فرق ولو صغيرا جدا حيث ان ذلك يؤدى الى خطأ جسيم فى استعمالها والاحسن أن يعوض حامل الشعر بصفيحة من النحاس الاصفر مرسومة عليها شعرات

شكل ١٥



استاديا بخيوط معدنية أو تعوض الشعرات مع حامل الشعر بوضع صفيحة من الزجاج مغمور عليها أفقيا تقاسيم ميليمترات وكل ميليمتر مقسم الى ثمانية أو عشرة أجزاء متساوية كى يمكن قراءتها وعدها بغاية السهولة بعد ان تعظم بالعدسة العينية .

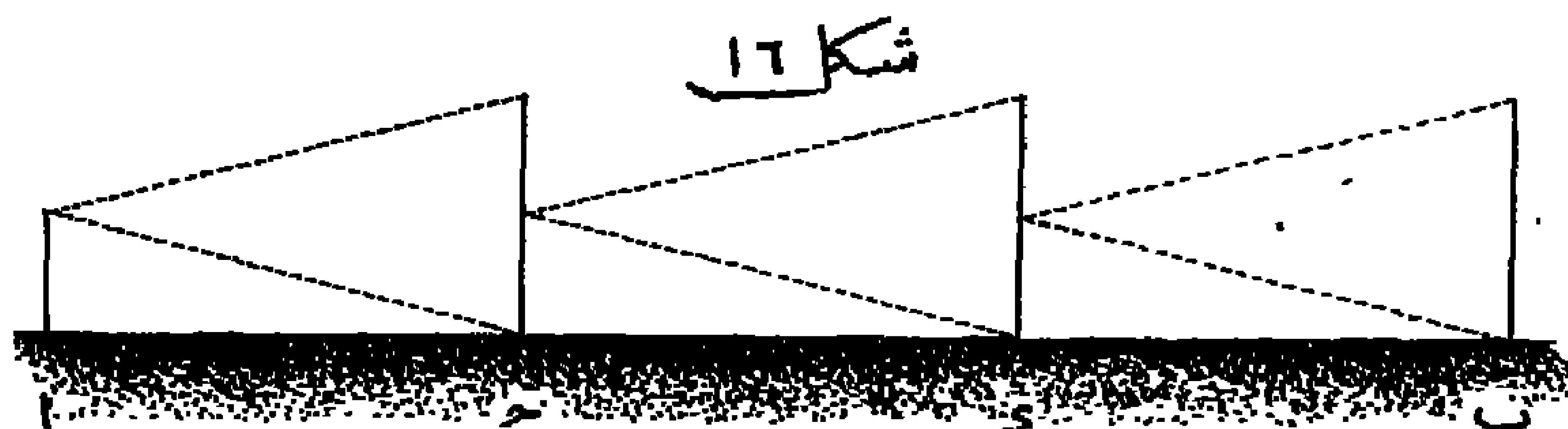
ثم انه من التناسب (١) المتقدم يعلم انه اذا نصف التالى الاول فلا يكون التناسب صحيحا الا اذا نصف التالى الثانى أو ضوعف المقدم الثانى بمعنى ان نصف بعد الشعرتين عن بعضهما يحصر المسطرة على بعد ضعف البعد الذى يجرى تدريجها على حسبه وهذا مما يسهل ويسرع القياس بهذه الآلة

(كيفية القياس باستاديا على أرض أفقية)

بند ١٧ - لقياس بعد مثل أب بهذه الآلة يبتدأ أولا بتشخيصه (بفرض أن الزاوية الثابتة تحصر المسطرة بتمامها على بعد ٢٠٠ متر مع تدريجها على هذا البعد) ثم بعد ذلك توضع استاديا فى مبدأ البعد المذكور فى نقطة أ (شكل ١٦) ثم يتحرك أمامها على اتجاه الشواخص شخص وبيده المسطرة ممسوكة رأسيا الى ان الشعاعين المارين بالشعرتين العليا والسفلى يحصران المسطرة بتمامها ولتكن حينئذ المسطرة فى نقطة ح فيكون البعد أح = ٢٠٠ متر ثم تنقل استاديا فى نقطة ح ويتحرك امامها على اتجاه الشواخص كما سبق حامل المسطرة الى ان تحصر المسطرة بكلها داخل

الزاوية ولتكن فى وضع د فيكون بعد حـ د = ٢٠٠ متر ثم يستمر على ذلك الى ان يصل حامل المسطرة لنقطة ب فان انحصرت المسطرة بتمامها حال وضعها فى نقطة ب داخل الزاوية فيكون بعدها عن استاديا ٢٠٠ متر وان لم تنحصر فيقدر البعد بعدد وحدات أجزاء المسطرة المنحصرة فى الزاوية

شكل ١٦



ويتحصل على البعد أب المذكور بضرب عدد تنقلات المسطرة ماعدا الدفعة الاخيرة فى ٢٠٠ متر ويضاف الى الحاصل عدد الوحدات من المسطرة التى انحصرت داخل الزاوية فى الدفعة الاخيرة

(تنبيه)

مما تقدم فى هذا البند يعلم انه اذا كان تدريج المسطرة جاريا على الخطين النهائيين للصفيحة الزجاج وكان المطلوب السرعة فى العمل تعتبر الزاوية المحصورة بين الخط المتوسط من الصفيحة وبين أحد الخطين المتطرفين وبهذه الكيفية اذا حصرت هذه الزاوية طول المسطرة كان البعد من استاديا الى المسطرة ضعف بعدها الاصلى وهو ٢٠٠ متر وبهذه المثابة تكون تنقلاتها من أربعمائة متر الى أربعمائة متر

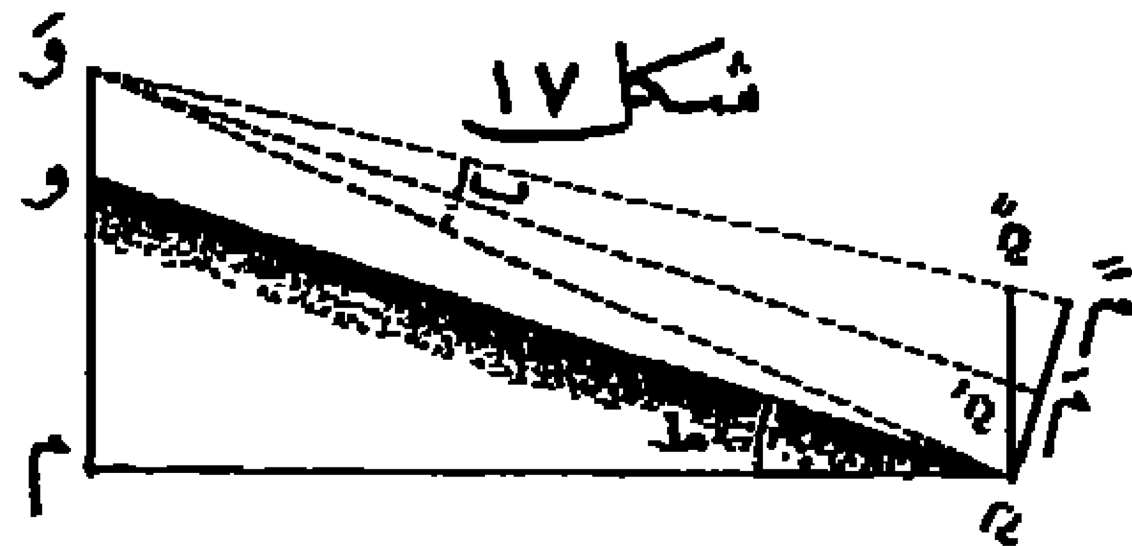
الا انه يلزم أن يلاحظ أنه كلما كبر البعد قل وضوح المسطرة داخل النظارة ويحصل هنالك خطأ جزئى

(كيفية القياس باستاديا على أرض مائلة)

بند ١٨ ـ ليكن و د (شكل ١٧) هو سطح الارض المكون مع الافق م د زاوية ط وان الراصد واقف فى و وأن و وَ هو ارتفاع النظارة فوق سطح الارض فالمسطرة الموضوعة رأسيا فى د على حسب د دً تكون مائلة بالنسبة لمحور النظارة وَ دَ والجزء د دً المحصور داخل الزاوية البصرية ب يكون أكبر من

المطلوب

المطلوب ويلزم حينئذ تحويله الى ه م″ العمودى على سطح الارض وه وعلى محور النظارة وَ مَ ولايجاد النسبة بين ه م″ و ه ه″ نلاحظ ان هذين الطولين هما ضلعان من المثلث ه ه″ م″



الذى فيه زاوية ه تساوى ط بسبب تعامد أضلاعهما ومن جهة أخرى المثلث ه وَ م″ متساوى الساقين وبناء عليه تكون زاوية وَ م″ ه تساوى زاوية وَ ه م″ ولكن زاوية وَ ه م″ تساوى الزاوية القائمة م″ ه و مطروحا منها و ه وَ وحيث ان و ه و وَ م متوازيان فتكون زاوية و ه وَ = ب/٢ وحينئذ يكون

$$\text{وَ ه م″} = ٩٠° - \frac{\text{ب}}{٢}$$

ولكن حيث ان الزاوية البصرية ب تكون على الدوام صغيرة جدا فيمكن اعتبار الزاوية وَ ه م″ قائمة وبدون خطأ محسوس يمكن اعتبار المثلث ه م″ ه″ قائم الزاوية فى م″ ويوضع

ه م″ = ه ه″ جتا ط

وهذا هو مقدار الكمية ه م″ التى تلزم لحساب الطول الحقيقى و ه ليس ه ه″ الذى رصد مباشرة

وهذا الحساب سهل بواسطة ما تقدم وبواسطة القاعدة الاساسية لاستاديا وذلك بملاحظة أن البعد دَ مثلا المطابق للقراءة ه ه″ تكون نسبته الى البعد الحقيقى و ه الذى يطابق قراءة ه م″ كالنسبة بين ه ه″ و ه م″ أعنى

دَ : و ه :: ه ه″ : ه م″ و

دَ : و ه :: ه ه″ : ه ه″ جتا ط أو

دَ : و ه :: ١ : جتا ط ومنه

و ه = دَ جتا ط

ولكن البعد الحقيقى الافقى المبحوث عنه م د الذى نرمز اليه بالرمز ى يساوى و د جتا ط وحينئذ يكون

ى = ى' جتا² ط

ويستنتج من ذلك أنه لتحويل بعد مقيس باستاديا على أرض مكونة مع الافق زاوية حيثما اتفق الى الافقى يلزم أن يضرب هذا البعد فى مربع جيب تمام زاوية الميل

وقد وضعنا الجدول (لوحة ٢) الذى يلزم عند استعمال استاديا لحساب جيوب التمام مباشرة

واستعماله مشابه لما بيناه فى كيفية استعمال الجدول المختص بالقياس بالجنزير على الاراضى المائلة ولنوضح ذلك بالمثال الآتى

نفرض انه صار قياس بعد على أرض مائلة بميل مساو ٥° بواسطة استاديا وكان مقداره هو ٨٢٧ مترا ويراد تحويل هذا البعد الى الافق

فمن الجدول فى سطر ٥° يرى أن

٨ متر = ٧,٤٦٤٥٦	وحينئذ	٨٠٠ =	٧٤٦,٤٦
٢ = ١,٨٦٦١٤	وحينئذ	٢٠ =	١٨,٦٦
٧ =		٧ =	٦,٥٣
ويكون المسقط الافقى للبعد		٨٢٧ هو	٧٧١,٦٥

الفصل الثالث

(فى المقاييس)

المبحث الاول

(تعاريف)

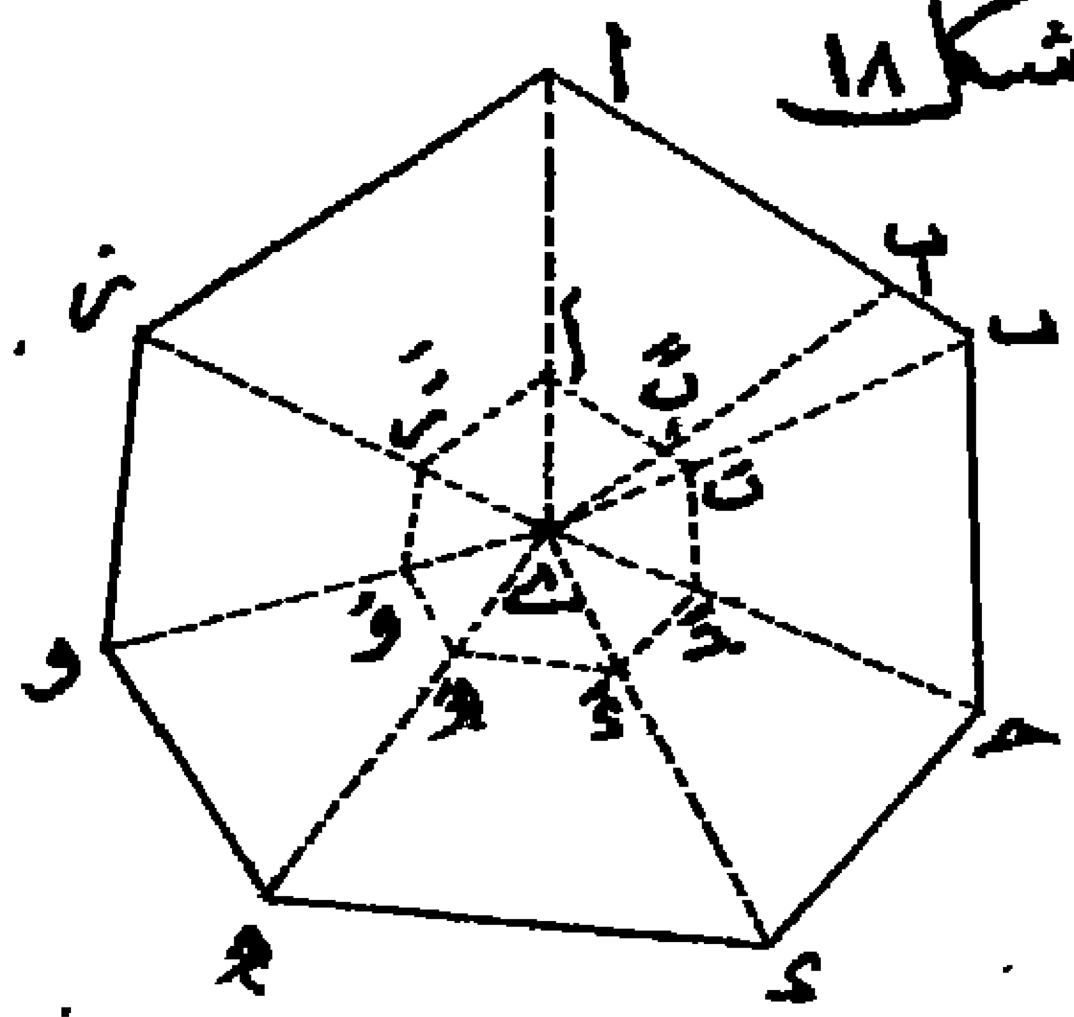
بند ١٩ — الاشياء التى يراد رسمها تحتوى عموما على أبعاد كبيرة جدا لا يمكن بيانها بكبرها الحقيقى فلنفرض أ ب ج د هـ و س (شكل ١٨) كثير الاضلاع

اصغر

ع ه	٢ جتا^2 ط	٢ جتا^2 ط	٣ جتا^2 ط	٤ جتا^2 ط	٥ جتا^2 ط	٦ جتا^2 ط	٧ جتا^2 ط	٨ جتا^2 ط	٩ جتا^2 ط
٠	١٫٠٠٠٠٠	٢٫٠٠٠٠٠	٣٫٠٠٠٠٠	٤٫٠٠٠٠٠	٥٫٠٠٠٠٠	٦٫٠٠٠٠٠	٧٫٠٠٠٠٠	٧٫٠٠٠٠٠	٩٫٠٠٠٠٠
١	٠٫٩٩٩٧٠	١٫٩٩٩٤٠	٢٫٩٩٩١٠	٣٫٩٩٨٨٠	٤٫٩٩٨٥٠	٥٫٩٩٨٢٠	٦٫٩٩٧٩٠	٧٫٩٩٧٦٠	٨٫٩٩٧٣٠
٢	٠٫٩٩٨٧٨	١٫٩٩٧٥٦	٢٫٩٩٦٣٤	٣٫٩٩٥١٢	٤٫٩٩٣٩٠	٥٫٩٩٢٦٨	٦٫٩٩١٤٦	٧٫٩٩٠٢٤	٨٫٩٨٩٠٢
٣	٠٫٩٩٧١٧	١٫٩٩٤٣٤	٢٫٩٩١٥١	٣٫٩٨٨٦٨	٤٫٩٨٥٨٥	٥٫٩٨٣٠٢	٦٫٩٨٠١٩	٧٫٩٧٧٣٦	٨٫٩٧٤٥٣
٤	٠٫٩٩٦٠٣	١٫٩٩٢٠٦	٢٫٩٨٨٠٩	٣٫٩٨٤١٢	٤٫٩٨٠١٥	٥٫٩٧٦١٨	٦٫٩٧٢٢١	٧٫٩٦٨٢٤	٧٫٩٦٤٢٧
٥	٠٫٩٩٢٤٠	١٫٩٨٤٨٠	٢٫٩٧٧٢٠	٣٫٩٦٩٦٠	٤٫٩٦٢٠٠	٥٫٩٥٤٤٠	٦٫٩٤٦٨٠	٧٫٩٣٩٢٠	٨٫٩٣١٦٠
٦	٠٫٩٨٩٠٧	١٫٩٧٨١٤	٢٫٩٦٧٢١	٣٫٩٥٦٢٨	٤٫٩٤٥٣٥	٥٫٩٣٤٤٢	٦٫٩٢٣٤٩	٧٫٩١٢٥٦	٨٫٩٠١٦٣
٧	٠٫٩٨٥١٦	١٫٩٧٠٣٢	٢٫٩٥٥٤٨	٣٫٩٤٠٦٤	٤٫٩٢٥٨٠	٥٫٩١٠٩٦	٦٫٨٩٦١٢	٧٫٨٨١٢٨	٨٫٨٦٦٤٤
٨	٠٫٩٨٠٦٤	١٫٩٦١٢٨	٢٫٩٤١٩٢	٣٫٩٢٢٥٦	٤٫٩٠٣٢٠	٥٫٨٨٣٨٤	٦٫٨٦٤٤٨	٧٫٨٤٥١٢	٨٫٨٢٥٧٦
٩	٠٫٩٧٥٥٣	١٫٩٥١٠٦	٢٫٩٢٦٥٩	٣٫٩٠٢١٢	٤٫٨٧٧٦٥	٥٫٨٥٣١٨	٦٫٨٢٨٧١	٧٫٨٠٤٢٤	٨٫٧٧٩٧٧
١٠	٠٫٩٦٩٨٥	١٫٩٣٩٧٠	٢٫٩٠٩٥٥	٣٫٨٧٩٤٠	٤٫٨٤٩٢٥	٥٫٨١٩١٠	٦٫٧٨٨٩٥	٧٫٧٥٨٨٠	٨٫٧٢٨٦٥
١١	٠٫٩٦٢٦٠	١٫٩٢٥٢٠	٢٫٨٨٧٨٠	٣٫٨٥٠٤٠	٤٫٨١٣٠٠	٥٫٧٧٥٦٠	٦٫٧٣٨٢٠	٧٫٧٠٠٨٠	٨٫٦٦٣٤٠
١٢	٠٫٩٥٦٧٨	١٫٩١٣٥٦	٢٫٨٧٠٣٤	٣٫٨٢٧١٢	٤٫٧٨٣٩٠	٥٫٧٤٠٦٨	٦٫٦٩٧٤٦	٧٫٦٥٤٢٤	٨٫٦١١٠٢
١٣	٠٫٩٤٩٢٠	١٫٨٩٨٤٠	٢٫٨٤٧٦٠	٣٫٧٩٦٨٠	٤٫٧٤٦٠٠	٥٫٦٩٥٢٠	٦٫٦٤٤٤٠	٧٫٥٩٣٦٠	٨٫٥٤٢٨٠
١٤	٠٫٩٤١٤٨	١٫٨٨٢٩٦	٢٫٨٢٤٤٤	٣٫٧٦٥٩٢	٤٫٧٠٧٤٠	٥٫٦٤٨٨٨	٦٫٥٩٠٣٦	٧٫٥٣١٨٤	٨٫٤٧٣٣٢
١٥	٠٫٩٣٣٠٧	١٫٨٦٦١٤	٢٫٧٩٩٢١	٣٫٧٣٢٢٨	٤٫٦٦٥٣٥	٥٫٥٩٨٤٢	٦٫٥٣١٤٩	٧٫٤٦٤٥٦	٨٫٣٩٧٦٣
١٦	٠٫٩٢٤٠٣	١٫٨٤٨٠٦	٢٫٧٧٢٠٩	٣٫٦٩٦١٢	٤٫٦٢٠١٥	٥٫٥٤٤١٨	٦٫٤٦٨٢١	٧٫٣٩٢٢٤	٨٫٣١٦٢٧
١٧	٠٫٩١٤٥١	١٫٨٢٩٠٢	٢٫٧٤٣٥٣	٣٫٦٥٨٠٤	٤٫٥٧٢٥٥	٥٫٤٨٧٠٦	٦٫٤٠١٥٧	٧٫٣١٦٠٨	٨٫٢٣٠٥٩
١٨	٠٫٩٠٤٥٢	١٫٨٠٩٠٤	٢٫٧١٣٥٦	٣٫٦١٨٠٨	٤٫٥٢٢٦٠	٥٫٤٢٧١٢	٦٫٣٣١٦٤	٧٫٢٣٦١٦	٨٫١٤٠٦٨
١٩	٠٫٨٩٣٩١	١٫٧٨٧٨٢	٢٫٦٨١٧٣	٣٫٥٧٥٦٤	٤٫٤٦٩٥٥	٥٫٣٦٣٤٦	٦٫٢٥٧٣٧	٧٫١٥١٢٨	٨٫٠٤٥١٩
٢٠	٠٫٨٨٣٠٢	١٫٧٦٦٠٤	٢٫٦٤٩٠٦	٣٫٥٣٢٠٨	٤٫٤١٥١٠	٥٫٢٩٨١٢	٦٫١٨١١٤	٧٫٠٦٤١٦	٨٫٩٤٧١٨
٢١	٠٫٨٧١٤٨	١٫٧٤٢٩٦	٢٫٦١٤٤٤	٩٫٤٨٥٩٢	٤٫٣٥٧٤٠	٥٫٢٢٨٨٨	٦٫١٠٠٣٦	٦٫٩٧١٨٤	٧٫٨٤٣٣٢
٢٢	٠٫٨٥٩٦٧	١٫٧١٩٣٤	٢٫٥٧٩٠١	٣٫٤٣٨٦٨	٤٫٢٩٨٣٥	٥٫١٥٨٠٢	٦٫٠١٧٦٩	٦٫٨٧٧٣٦	٧٫٧٣٧٠٣
٢٣	٠٫٨٤٧٣٢	١٫٦٩٤٦٤	٢٫٥٤١٩٦	٣٫٣٨٩٢٨	٤٫٢٣٦٦٠	٥٫٠٨٣٩٢	٥٫٩٣١٢٤	٦٫٧٧٨٥٦	٧٫٦٢٥٨٨
٢٤	٠٫٨٣٤٥٧	١٫٦٦٩١٤	٢٫٥٠٣٧١	٣٫٣٣٨٢٨	٤٫١٧٢٨٥	٥٫٠٠٧٤٢	٥٫٨٤١٩٩	٦٫٦٧٦٥٦	٧٫٥١١١٣
٢٥	٠٫٨٢١٤٠	١٫٦٤٢٨٠	٢٫٤٦٤٢٠	٣٫٢٨٥٦٠	٤٫١٠٧٠٠	٤٫٩٢٨٤٠	٥٫٧٤٩٨٠	٦٫٥٧١٢٠	٧٫٣٩٢٦٠
٢٦	٠٫٨٠٧٨٢	١٫٦١٥٦٤	٢٫٤٢٣٤٦	٣٫٢٣١٢٨	٤٫٠٣٩١٠	٤٫٨٤٦٩٢	٥٫٦٥٤٧٤	٦٫٤٦٢٥٦	٧٫٢٧٠٣٨
٢٧	٠٫٧٩٣٩٠	١٫٥٨٧٨٠	٢٫٣٨١٧٠	٣٫١٧٥٦٠	٣٫٩٦٩٥٠	٤٫٧٦٣٤٠	٥٫٥٥٧٣٠	٦٫٣٥١٢٠	٧٫١٤٥١٠
٢٨	٠٫٧٧٩٦٠	١٫٥٥٩٢٠	٢٫٣٣٨٨٠	٣٫١١٨٤٠	٣٫٨٩٨٠٠	٤٫٦٧٧٦٠	٥٫٤٥٧٢٠	٦٫٢٣٦٨٠	٧٫٠١٦٤٠
٢٩	٠٫٧٦٤٨٦	١٫٥٢٩٧٢	٢٫٢٩٤٥٨	٣٫٠٥٩٤٤	٣٫٨٢٤٣٠	٤٫٥٨٩١٦	٥٫٣٥٤٠٢	٦٫١١٨٨٨	٦٫٨٨٣٧٤
٣٠	٠٫٧٥٠٠١	١٫٥٠٠٠٢	٢٫٢٥٠٠٣	٣٫٠٠٠٠٤	٣٫٧٥٠٠٥	٤٫٥٠٠٠٦	٥٫٢٥٠٠٧	٦٫٠٠٠٠٨	٦٫٧٥٠٠٩
٣١	٠٫٧٣٤٧٤	١٫٤٦٩٤٨	٢٫٢٠٤٢٢	٢٫٩٣٨٩٦	٣٫٦٧٣٧٠	٤٫٤٠٨٤٤	٥٫١٤٣١٨	٥٫٨٧٧٩٢	٦٫٦١٢٦٦
٣٢	٠٫٧١٩١٩	١٫٤٣٨٣٨	٢٫١٥٧٥٧	٢٫٨٧٦٧٦	٣٫٥٩٥٩٥	٤٫٣١٥١٤	٥٫٠٣٤٣٣	٥٫٧٥٣٥٢	٦٫٤٧٢٧١
٣٣	٠٫٧٠٣٣٧	١٫٤٠٦٧٤	٢٫١١٠١١	٢٫٨١٣٤٨	٣٫٥١٦٨٥	٤٫٢٢٠٢٢	٤٫٩٢٣٥٩	٥٫٦٢٦٩٦	٦٫٣٣٠٣٣
٣٤	٠٫٦٨٧٣١	١٫٣٧٤٦٢	٢٫٠٦١٩٣	٢٫٧٤٩٢٤	٣٫٤٣٦٥٥	٤٫١٢٣٨٦	٤٫٨١١١٧	٥٫٤٩٨٤٨	٦٫١٨٥٧٩
٣٥	٠٫٦٧١٠١	١٫٣٤٢٠٢	٢٫٠١٣٠٣	٢٫٦٨٤٠٤	٣٫٣٥٥٠٥	٤٫٠٢٦٠٦	٤٫٦٩٧٠٧	٥٫٣٦٨٠٨	٦٫٠٣٩٠٩
٣٦	٠٫٦٥٤٥٢	١٫٣٠٩٠٤	١٫٩٦٣٥٦	٢٫٦١٨٠٨	٣٫٢٧٢٦٠	٣٫٩٢٧١٢	٤٫٥٨١٦٤	٥٫٢٣٦١٦	٥٫٨٩٠٦٨
٣٧	٠٫٦٣٧٨٣	١٫٢٧٥٦٦	١٫٩١٣٤٩	٢٫٥٥١٣٢	٣٫١٨٩١٥	٣٫٨٢٦٩٨	٤٫٤٦٤٨١	٥٫١٠٢٦٤	٥٫٧٤٠٤٧
٣٨	٠٫٦٢٠٩٦	١٫٢٤١٩٢	١٫٨٦٢٨٨	٢٫٤٨٣٨٤	٣٫١٠٤٨٠	٣٫٧٢٥٧٦	٤٫٣٤٦٧٢	٤٫٩٦٧٦٨	٥٫٥٨٨٦٤
٣٩	٠٫٦٠٣٩٧	١٫٢٠٧٩٤	١٫٨١١٩١	٢٫٤١٥٨٨	٣٫٠١٩٨٥	٣٫٦٢٣٨٢	٤٫٢٢٧٧٩	٤٫٨٣١٧٦	٥٫٤٣٥٧٣
٤٠	٠٫٥٨٦٨١	١٫١٧٣٦٤	١٫٧٦٠٤٦	٢٫٣٤٧٢٨	٢٫٩٣٤١٠	٣٫٥٢٠٩٢	٤٫١٠٧٧٤	٤٫٦٩٤٥٦	٥٫٢٨١٣٨
٤١	٠٫٥٦٩٠٩	١٫١٣٩١٨	١٫٧٠٨٧٧	٢٫٢٧٨٣٦	٢٫٨٤٧٩٥	٣٫٤١٧٥٤	٣٫٩٨٧١٣	٤٫٥٥٦٧٢	٥٫١٢٦٣١
٤٢	٠٫٥٥٢١٨	١٫١٠٤٣٦	١٫٦٥٦٥٤	٢٫٢٠٨٧٢	٢٫٧٦٠٩٠	٣٫٣١٣٠٨	٣٫٨٦٥٢٦	٤٫٤١٧٤٤	٤٫٩٦٩٦٢
٤٣	٠٫٥٣٤٨٧	١٫٠٦٩٧٤	١٫٦٠٤٦١	٢٫١٣٩٤٨	٢٫٦٧٤٣٥	٣٫٢٠٩٢٢	٣٫٧٤٤٠٩	٤٫٢٧٨٩٦	٤٫٨١٣٨٣
٤٤	٠٫٥١٧٤٥	١٫٠٣٤٩٠	١٫٥٥٢٣٥	٢٫٠٦٩٨٠	٢٫٥٨٧٢٥	٣٫١٠٤٧٠	٣٫٦٢٢١٥	٤٫١٣٩٦٠	٤٫٦٥٧٠٥
٤٥	٠٫٥٠٠٠٠	١٫٠٠٠٠٠	١٫٥٠٠٠٠	٢٫٠٠٠٠٠	٢٫٥٠٠٠٠	٣٫٠٠٠٠٠	٣٫٥٠٠٠٠	٤٫٠٠٠٠٠	٤٫٥٠٠٠٠

أصغر أضلاعه يساوي عشرة أمتار مثلاً ونفرض نقطة ما داخله مثل ى ونوصل منها الى الرؤس المختلفة للشكل بخطوط ى أ , ى ب , ى ح ٠ ـ الخ ثم نأخذ على كل واحد من هذه الخطوط كسرا واحدا من أطوالها وليكن ثلث كل منها فتحدث النقط اَ , بَ , حَ ٠٠٠ الخ فاذا وصل بينها بخطوط اَ بَ , بَ حَ , حَ ءَ ٠ ـ الخ فالشكل الحادث

شكل ١٨



اَ بَ حَ ءَ هَ وَ نَ يكون مشابها للشكل أ ب ح ء ه و ن وتكون أضلاع الشكل الداخل أثلاثا للاضلاع المناظرة لها من الشكل الخارج

فاذا أخذت النسبة الواقعة بين الاضلاع المتناظرة صغيرة على قدر الامكان فان شكل اَ بَ حَ ءَ هَ وَ نَ يمكن رسمه على فرخ من ورق ومن ذلك تتكون صورة الشكل أ ب ح ء ه و ن

والنسبة الواقعة بين كل ضلعين متناظرين من الشكلين تسمى مقياس الرسم وينتج من ذلك أن المقياس هو النسبة بين الابعاد الموجودة بالخريطة ونظائرها على الارض

وحينئذ اذا فرض أن ل طول ضلع من شكل على الارض وأن لَ الضلع المناظر له في الرسم يكون مقياس الرسم هو $\frac{لَ}{ل}$ فاذا جعلت هذه النسبة بسيطة بقسمة حديها على لَ حدث

$$\frac{لَ}{ل} = \frac{1}{\left(\frac{ل}{لَ}\right)} = \frac{1}{م}$$

وهذا هو المقدار الرقمي للمقياس بفرض $\frac{ل}{لَ} = م$

مثلا اذا كان طول ضلع من الارض مساويا ١٨٫٧٥ متر ومقدار المناظر له مساويا ٠٫١٥ متر كان المقياس بهذه الصورة

$$\frac{٠٫١٥}{١٨٫٧٥}=\frac{١}{\frac{١٨٫٧٥}{٠٫١٥}}=\frac{١}{١٢٥}$$

(تنبيه) — من المتساوية $\frac{لَ}{ل}=\frac{١}{م}$ يستخرج $لَ=\frac{ل×١}{م}$ وكذلك من $\frac{٠٫١٥}{١٨٫٧٥}=\frac{١}{١٢٥}$ يحدث $٠٫١٥=\frac{١٨٫٧٥×١}{١٢٥}$

ومن هذا يتضح أنه للحصول على ضلع من الرسم ينبغى ضرب طول الضلع المناظر له من الارض فى المقياس

ملحوظة — الوحدة الرسمية (فى الرسم) والوحدة الطبيعية (المناظرة للرسم فى الارض) المستعملتان مقياسا للاضلاع يجب أن تكونا بنسبة واحدة كنسبة هذه الاضلاع لاجل أن تحتويا على عدد واحد من المرار

مثلا اذا فرض أن آ هى الوحدة الرسمية , أ هى الوحدة الطبيعية يحدث

$$\frac{آ}{أ}=\frac{١}{م}\quad ومنها\quad آ=\frac{أ×١}{م}$$

يعنى أن الوحدة الرسمية تكون مساوية للوحدة الطبيعية مضروبة فى المقياس وهذا ما قلناه آنفا

حيث ان الآلات فى العمليات الرسمية لا يمكن بها تقدير الكميات الصغيرة جدا فاضطر الى ترك الأطوال الاقل من ٠٫٠٠٠١ بل وأحيانا ٠٫٠٠٠٢ وهذا الخطأ الذى يترك فى خط من الرسم ينتج عنه خطأ فى المناظر له من الارض لانه اذا أخذ بدلا عن آبَ (شكل ١٨) بعد آبً حدث فى الرسم خطأ مقداره بَ بً = هَ وهذا يتسبب عنه خطا ب ب = ه فى الضلع الارضى أب المناظر له

وحينئذ من المفيد البحث عن مقدار ه فى حالة اهمال الكميات الرسمية التى هى أصغر من هَ ولذلك يقال

تقدم ان $هَ=ه×\frac{١}{م}$ ومنها $ه=م\,هَ$

وحينئذ

وحينئذ فيمكن ترك الكميات الطبيعية الاقل من هـَ م في المقياس $\frac{1}{125}$ اذا فرض ان هـَ = ٠,٠٠٠١ يحدث هـ = ٠,٠٠٠١ × ١٢٥ = ٠,٠١٢٥
أعني تهمل الكميات الاقل من سنتيمتر وربع

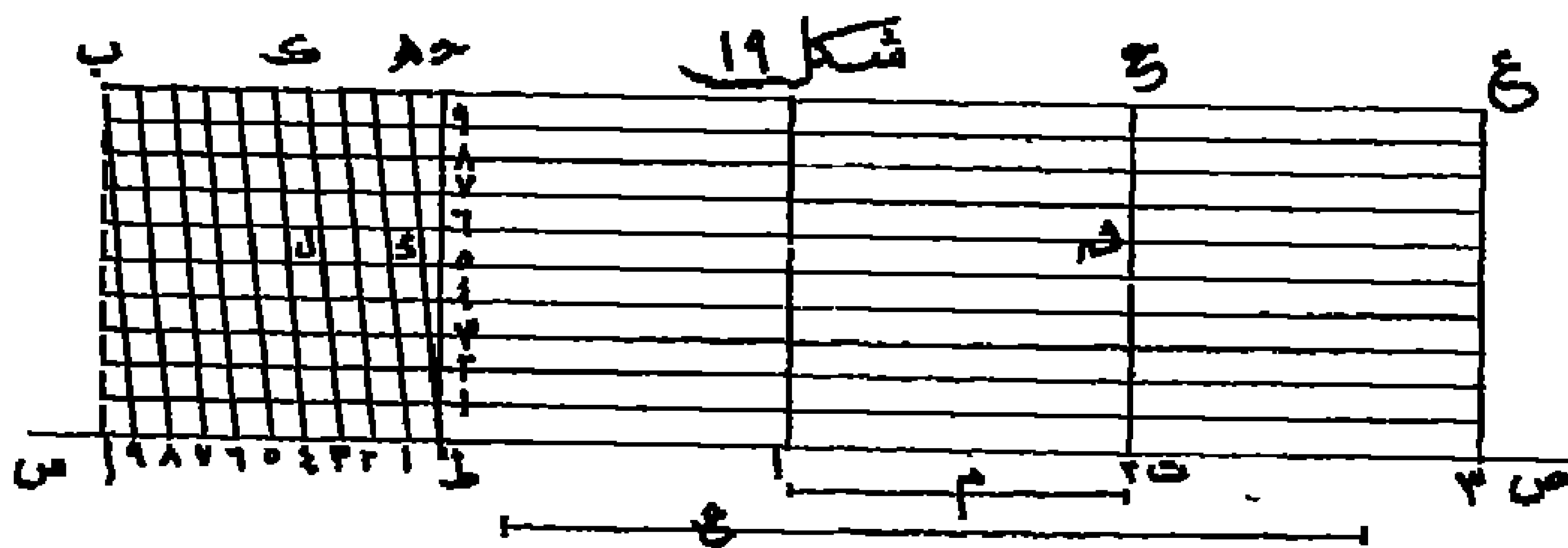
و يمكن أن تترك في قياس الأبعاد الارضية الكميات الاقل من الخطأ الرسمي مضروبة في مقام المقياس

ولاجل تجنب الحساب المستعمل لتعيين أطوال أضلاع الرسم يرسم شكل هندسي تبين فيه مباشرة الاطوال الرسمية المقابلة للاطوال الحقيقية وهذا الشكل يسمى المقياس الرسمي أو المقياس فقط و يجب أن يحتوى هذا المقياس على بعض اعداد من مضاعفات وتقاسيم الوحدة الرسمية ويرسم هذا الشكل بصورتين الاولى المقاييس ذات الشبكات (أي التي على هيئة شبكة) والثانية المقاييس المرسومة على خط واحد

المبحث الثاني

كيفية انشاء المقاييس ذات الشبكات

بند ٢١ ـ نفرض أن م الطول الدال على الوحدة الرسمية فتؤخذ هذه الكمية بالتعاقب على مستقيم غير محدود س ص مرارا و يغر عليها بالابتداء من النقطة الثانية ٠ و ١ و ٢ و ٣ و ٠ الخ ثم من نقطة المبدأ أ يقام العمود أ ب على المستقيم المذكور (شكل ١٩) وعلى هذا العمود تؤخذ عشرة أجزاء متساوية كل منها مساو للطول



ن الاختياري ثم يرسم من كل نقطة من نقط التقاسيم مستقيم يوازي مستقيم س ص ويقام من النقط ٠ و ١ و ٢ و ٣ و ٠ الخ أعمدة تمد الى ب ع ثم تقسم الوحدة الاولى أ ط من جهة الشمال الى عشرة أجزاء متساوية ثم يوصل بين نقطة ب والقسم التاسع

ويرسم من النقط ٨,٧,٦ ... الخ خطوط موازية لخط ب ٩ ثم تمر الخطوط الموازية لخط س ص من واحد الى عشرة كما يشاهد فى (شكل ١٩)

ومتى رسم المقياس بهذه الصورة لم يبق علينا الا توضيح ماتدل عليه الخطوط المختلفة المكونة له ولذلك نقول

ان الاقسام الافقية التى على يمين الصفر تدل على الوحدات الرسمية وتقدر بها الوحدة أعنى من صفر الى واحد يساوى الوحدة مرة واحدة ومن صفر الى اثنين يساوى الوحدة مرتين ومن صفر الى ثلاثة يساوى ثلاثة أمثال الوحدة وهلم جرا

وأما الاقسام التى على يسار الصفر أى من صفر الى ١ فان كل قسم منها يدل على عشر الوحدة بمعنى انه من صفر الى ١. يساوى ٠,١ الوحدة ومن صفر الى ٢ يساوى ٠,٢ الوحدة وهكذا وتقدر سنتيمترات الوحدة بالكيفية الآتية

مثلا اذا أريد معرفة طول بعد ى ٦ يقال انه بالتأمل فى مثلث هـ ط حـ يرى أن ى ٦ يوازى قاعدته هـ حـ ويحدث

ى ٦ : هـ حـ :: ط ٦ : ط حـ

ولكن ط ٦ = $\frac{٦}{١٠}$ ط حـ فيكون ى ٦ = ستة أعشار هـ حـ وكان هـ حـ = $\frac{١}{١٠}$ أ ط أو ٠,١ الوحدة فيكون ى ٦ = $\frac{٦}{١٠}$ هـ حـ = $\frac{٦}{١٠٠}$ ط أ أو ٠,٠٦ وبمثل ذلك يرى أن الخطوط الموازية لخط هـ حـ المحصورة فى مثلث هـ ط حـ تساوى بالتوالى ٠,٠١ و ٠,٠٢ و ٠,٠٣ و ... الخ لغاية ٠,٠٩

بمعنى أنه فى أى مقياس من هذا القبيل يمكن اعتبار ثلاثة أنواع من الوحدات وهى الوحدة وعشرها وجزء من مائة منها

(استعمال مقاييس الشبكات)

بند ٢١ – يستعمل المقياس المذكور أولا لاخذ طول رسمى (أعنى طولا مقيسا على الارض يراد أخذ نظيره على الرسم) ثانيا قياس خط من الرسم ولنوضح كليهما بأمثلة

(استعمال المقاييس لاخذ طول رسمى)

المثال الاول – نفرض أن الطول المطلوب لا يحتوى الا على وحدات وأعشار منها كما

اذا أريد أخذ طول ٤ر٢ فنضع احدى سنتى البيكار على قسم أربعة من خط ط أ والسنة الثانية على نقطة ٢ من يمين الصفر فالطول ر ح المتحصل بهذه الكيفية يكون مساويا ٤ر٢ وهو واضح

المثال الثانى ـ نفرض أن المطلوب تحويل ٢ر٤٦ الى المقياس فنضع احدى سنتى البيكار على قسم أربعة من خط ط أ ثم نزلقه بطول الخط العرضى ٤ ك الى ان نصل الى نقطة ل التى هى نقطة تقاطع الموازى السادس بخط ٤ ك ثم توضع السنة الاخرى فى نقطة ن التى هى تقاطع الخط بعينه بالعمود ت ٢ فالطول ل ن يكون مساويا ٢ر٤٦ لان

ل ى = ٠ر٤٠ من خاصية الخطوط المتوازية المحصورة بين خطوط متوازية

ى ٦ = ٠ر٠٦

٦ ن = ٢ر٠٠ وبالجمع يحدث

ل ى + ى ٦ + ٦ ن = ٢ر٤٦

وحينئذ علم انه بفتحة واحدة بالبيكار يؤخذ طول محتو على أنواع الوحدة الثلاثة

(استعمال المقاييس لقياس خط من الرسم)

لقياس خط مثل ع (شكل ١٩) من الرسم تؤخذ فتحة بالبيكار مساوية ع ثم توضع احدى سنتى البيكار على أى نقطة من النمر الموجودة على يمين الصفر بشرط أن السنة الثانية تقع بين نقطتى ط و أ ولنفرض أن احدى السنتين واقعة على نقطة ٢ فينشأ حالتان

الحالة الاولى ـ اذا وقعت السنة الثانية للبيكار على أحد تقاسيم ط أ بالضبط تحصل القياس المطلوب مباشرة فاذا فرض مثلا انها وقعت على قسم ٤ من شمال الصفر يحدث ع = ٢ر٤٠

الحالة الثانية ـ اذا وقعت السنة الثانية للبيكار بين ٤ و٥ من شمال الصفر فيوضع البيكار بالتعاقب على الخطوط الموازية لخط س ص مع تحريك السنة اليمنى على خط ت ٢ الى أن تقع السنة الثانية على ك ٤ بالضبط ولنفرض أن ذلك كان على الموازى السادس فيحدث حينئذ ع = ن ل = ٢ر٤٦

فاذا كان الطول اللازم قياسه لا يوجد بالضبط على أحد الموازيات بل يوجد بين موازيين أحدهما أكبر منه والآخر أصغر منه فيؤخذ مقداره على الموازى الاكثر قربا منه والخطأ الحادث يكون حينئذ مسموحا

ملحوظات

أولا ـ الطولان م ، ن المستعملان لرسم المقياس كانا اختياريين وحينئذ تكون الادلة حقيقية دائما مهما كانت المقادير المعتبرة

ثانيا ـ لا فائدة فى مثلث أ ب ه فان الاطوال التى يجرى قياسها على خط أ ب تكون مساوية للوحدة ولذلك يصرف النظر عنه دائما

ثالثا ـ يلزم أن يكون للمقياس امتداد كاف ليمكن أخذ طول من الرسم دفعة واحدة فان لم يكن مؤديا لهذا الشرط المهم يجب بالاقل أن يكون مساويا للنصف أطول خط يمكن قياسه لانه اذا قيس طول على ثلاث مرات يكون قابلا لان يحتوى على خطأ جسيم ولنطبق نظرية المقياس المذكور على رسم المقاييس المترية الاكثر استعمالا

(المقاييس المترية)

بند ٢٢ ـ يؤخذ أحد أجزاء المتر وحدة رسمية ويعين أولا النوع الاصغر ما يمكن من الوحدة اللازم تقديرها كما فى بند ١٨ وتستنتج منها الوحدة الرسمية الاصلية كما فى بند ٢٠ ولنوضح ذلك بأمثلة فنقول

المثال الاول ـ نفرض ان المطلوب رسم مقياس $\frac{1}{1000}$ (شكل ٢٠) فحيث ان المتر فى هذا المقياس مبين بمقدار واحد ميلليمتر فيكون الديسيمتر مبينا بمقدار ٠٫٠٠٠١ وحينئذ تكون أصغر وحدات المقياس هى الديسيمتر وتكون وحدات المقياس الثلاث هى

٠٫١ متر = ٠٫٠٠٠١ متر

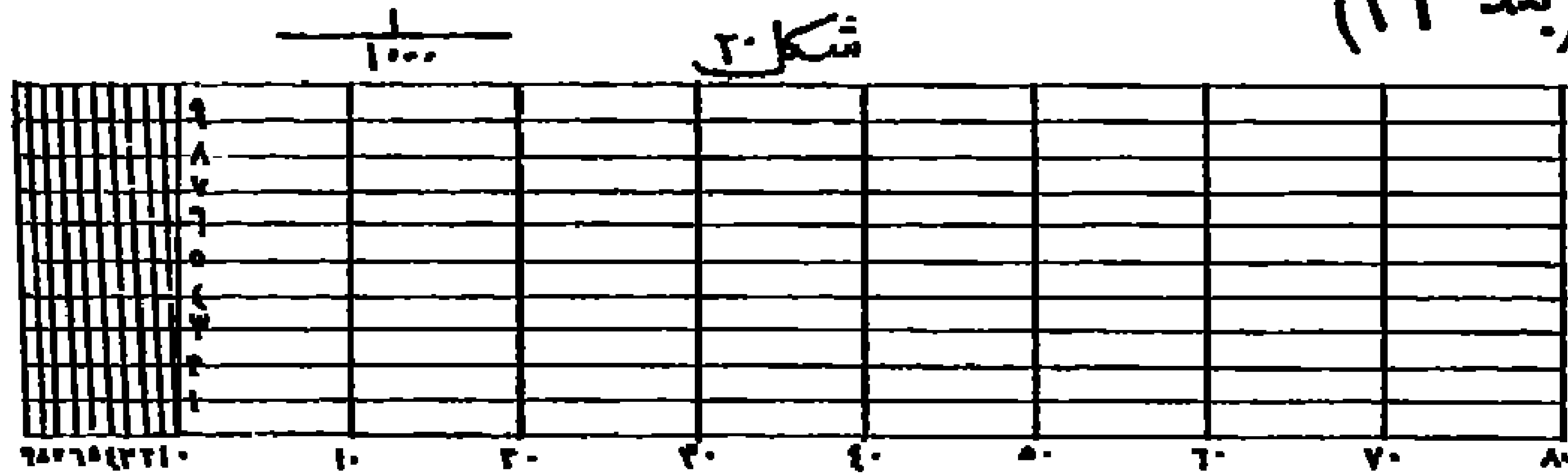
١٫٠ متر = ٠٫٠٠١

١٠٫٠ متر = ٠٫٠١ وهى الوحدة الاصلية

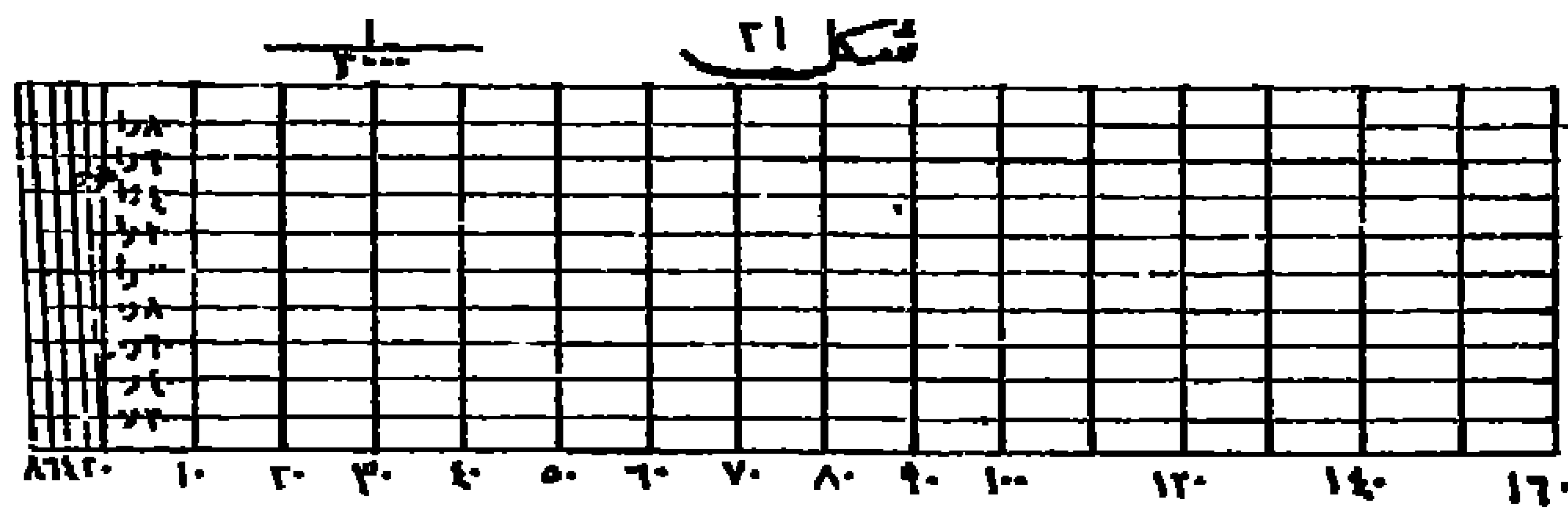
ثم يرسم المقياس كما تقدم فى رسم (شكل ١٩) بأخذ م = ٠٫٠١ متر وأما ن فانه يكون مقدرا بمقدار ٠٫٠٠٢ متر دائما (لاعطاء المقياس منظرا جميلا) ويمر المقياس

كما

كما هو مبين (بشكل ٢٠) وتؤخذ الاطوال الأرضية عليه أو تقاس خطوط الرسم كما فى (بند ٢١)



المثال الثانى — نفرض أن المطلوب رسم المقياس ١/٢٠٠٠ (شكل ٢١)



فحيث ان المترين من الارض فى هذا المقياس بواحد مليمتر من الورق فيكون

٠٫٢ متر = ٠٫٠٠٠١ متر وتكون هى أصغر وحدات المقياس

ووحدات المقياس تكون هى

٠٫٢ متر = ٠٫٠٠٠١

٠٫٠٢ متر = ٠٫٠٠١

٠٫١٠ متر = ٠٫٠٠٥ وهى الوحدة الاصلية

وتدل أقسام الوحدة الاصلية التى على يسار الصفر على مترين واما الديسمترات فانها تقدر مثنى و بها يتيسر أخذ عدد زوجى من الديسمترات وعدد فردى من الأمتار و يرسم المقياس كما تقدم فى (شكل ٢١) بأخذ م = ٠٫٠٠٥ و به تحول الأبعاد كما سيأتى مثلا اذا أريد تحويل ٢٣٫٤٠ يوجد أن

ح ى = ى ١٫٤٠ + ١٫٨٠ هـ + هـ ح أو بأخذ الاعداد يوجد

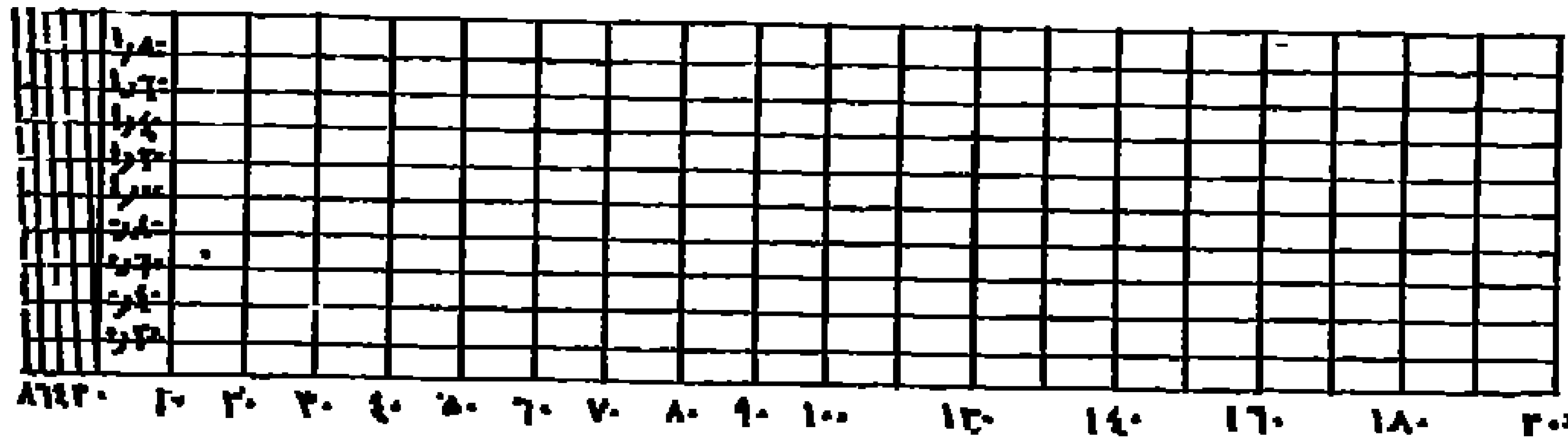
ح ى = ٢٠ متر + ١٫٤٠ متر + ٢ = ٢٣٫٤٠

واذا أريد تحويل ٢٣٫٥٠ يؤخذ بالمقياس اما ٢٣٫٤٠ أو ٢٣٫٦٠ بالاختيار لأن هذين البعدين لا يفترقان الا بمقدار ٠٫٠٠٠١ وحينئذ فالخطأ الذى يحدث من أحدهما يساوى ٠٫٠٠٠٥ فى النهاية العظمى

و بهذه الكيفية يجرى العمل فى تحويل جميع الأطوال اللازم تحويلها أو قياسها

المثال الثالث — ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{2500}$ (شكل ٢٢)

شكل ٢٢ $\frac{1}{2500}$



حيث ان كل متر فى هذا المقياس مبين بكسر ٠٫٠٠٠٤ فيمكن أخذ الوحدات الآتية

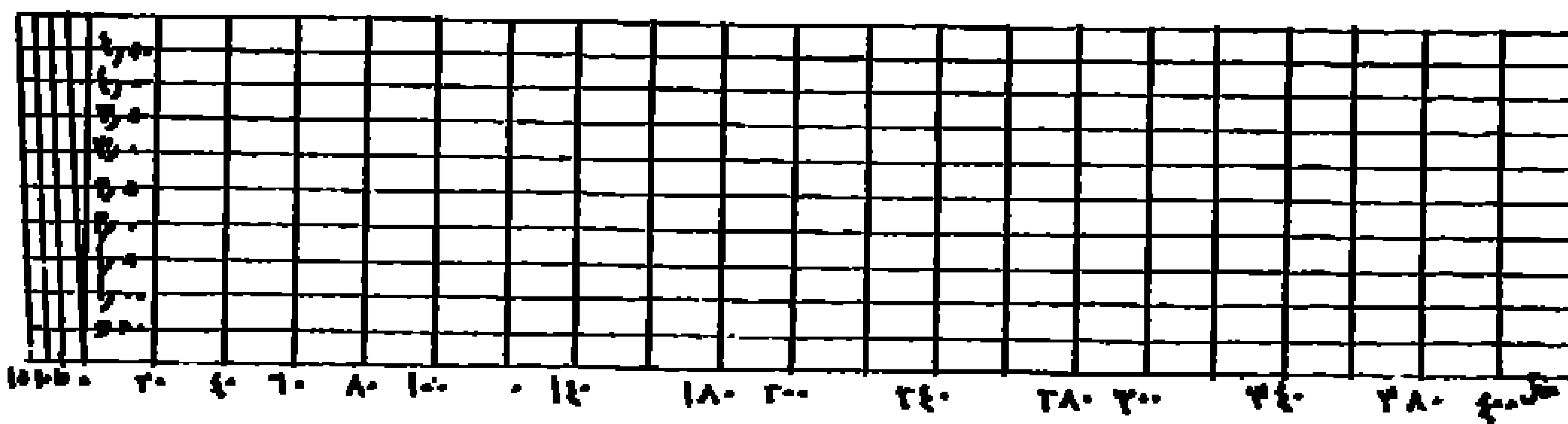
٠٫٢٥ متر = ٠٫٠٠٠٠٨

٠٫٢ متر = ٠٫٠٠٠٨

٠٫١٠ متر = ٠٫٠٠٤ وهى الوحدة الاصلية

والوحدة الاصلية من شمال الصفر تنقسم الى خمسة أجزاء كل جزء منها يساوى مترين وتقدر الديسيمترات مثنى وأما الأطوال فانها تؤخذ كما فى (شكل ٢١)

شكل ٢٣ $\frac{1}{5000}$



المثال الرابع — ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{5000}$ (شكل ٢٣)

وفى هـذا المقياس يبين المتر بمقدار ٠٫٠٠٠٢ وتبين ٠٫٠٥ متر بمقدار ٠٫٠٠٠١
فيؤخذ للثلاث وحدات الأصلية المقادير الآتية وهى

٠٫٠٥ متر = ٠٫٠٠٠١ و

٠٫٥ متر = ٠٫٠٠١

٢٫٠ متر = ٠٫٠٠٤ وهى الوحدة الأصلية

والوحدة الاصلية من شمال الصفر منقسمة الى أربعة أقسام كل منها يبين خمسة أمتار والديسمترات تكون مقدرة من خمسة الى خمسة والخطأ الحاصل فى هذا المقياس يكون أقل من ٠٫٠٠٠١

أما اذا أمكن اهمال الكميات الاقل من ٠٫٠٠٠٢ فيؤخذ للثلاث وحدات المقادير الآتية

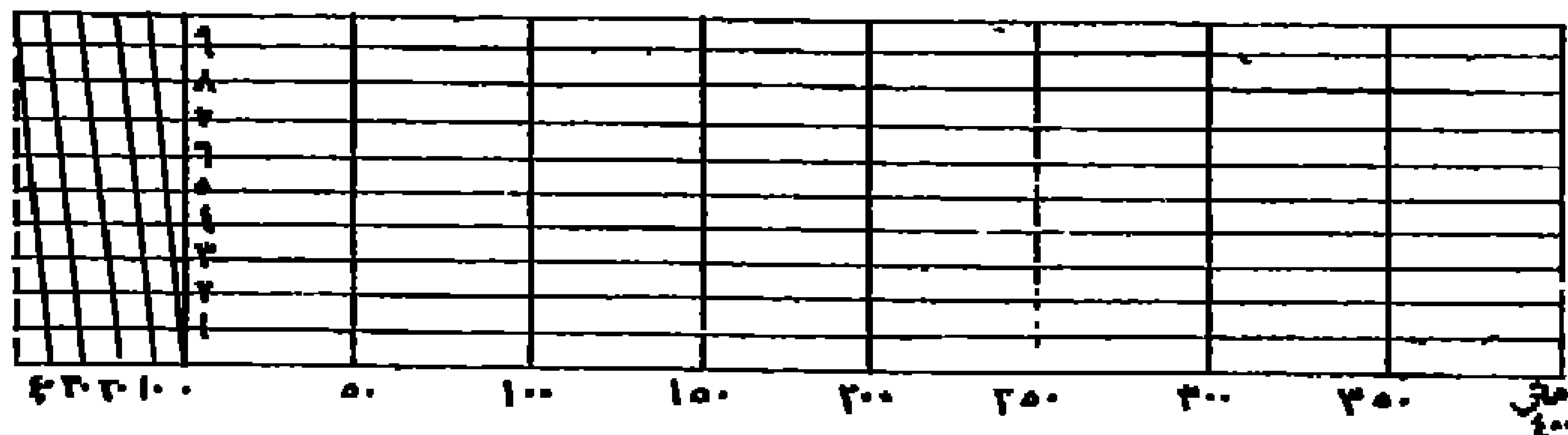
١ متر = ٠٫٠٠٠٢ وهى الوحدة الاصلية

١٠ متر = ٠٫٠٠٢

٥٠ متر = ٠٫٠١

وكل من أقسام الوحدة الاصلية يبين عشرة أمتار كما فى (شكل ٢٤)

شكل ٢٤ $\frac{1}{5000}$



المثال الخامس — ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{10000}$
فالمتر الرسمى يساوى ٠٫٠٠٠١ وتكون الثلاث وحدات الأصلية للمقياس هى

١ متر = ٠٫٠٠٠١

١٠ متر = ٠٫٠٠١

١٠٠ متر = ٠٫٠١ وهى الوحدة الاصلية

وبالتأمل يرى أن وحدات هذا المقياس هى عين مقياس $\frac{١}{١٠٠٠}$ (شكل ٢١) المبين بالمثال الاوّل وانما فيه الوحدة الاصلية تعبر بأعداد ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٣٠٠ الخ وأقسام الوحدة الاصلية تعبر بأعداد ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ ... الخ والوحدات الصغرى تبين بالامتار

المثال السادس – ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{١}{٢٠٠٠٠}$

فالمتران فى هذا المقياس يبينان بمقدار ٠,٠٠٠١ متر وتكون الثلاث وحدات هى

٢ متر = ٠,٠٠٠١

٢٠ متر = ٠,٠٠١

١٠٠ متر = ٠,٠٠٥ وهى الوحدة الاصلية

ويرى أن هذا المقياس هو عين مقياس $\frac{١}{٢٠٠٠}$ المبين بالمثال الثانى ولا يختلف عنه الا فى مقادير الوحدات ووحداته الاصلية تعبر هكذا ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٣٠٠ الخ وأقسامها تعبر بأعداد ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ الخ والوحدات الصغرى تبين من مترين الى مترين

المبحث الثالث

فى المقاييس المرسومة على خط واحد

بند ٢٣ أحيانا تستعمل مقاييس مرسومة على خط واحد بدل المقاييس ذات الشبكات المتقدمة وهى وان كانت أبسط من ذات الشبكات ولكنها أقل ضبطا منها

وهذه المقاييس تتكوّن من الخطوط السفلى للمقاييس ذات الشبكات وبناء على ذلك لا تحتوى الا على الوحدة الاصلية وأعشارها

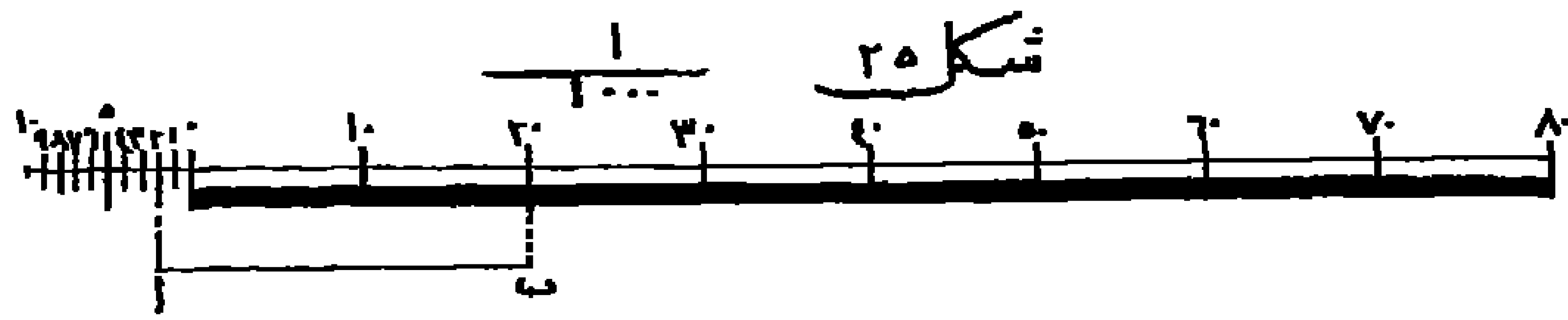
مثاله اذا أريد رسم المقياس $\frac{١}{١٠٠٠}$ (شكل ٢٥)

يؤخذ على خط س ص الغير محدود وبالتعاقب أطوال مساوية الى ٠,٠١ متر وهى الوحدة الاصلية وتنقسم الوحدة التى جهة الشمال الى عشرة أقسام

وحينئذ فهذا المقياس يكون بلا شك هو الخط السفلى للمقياس ذى الشبكة المطابق له انما الاجل جعله موافقا نوعا يقسم كل من أعشار الوحدة الاصلية الى قسمين لتبيين نصف

عشر

عشر الوحدة الاصلية ثم لاجل ظهور هذا المقياس على الخرط يرسم أسفله خط

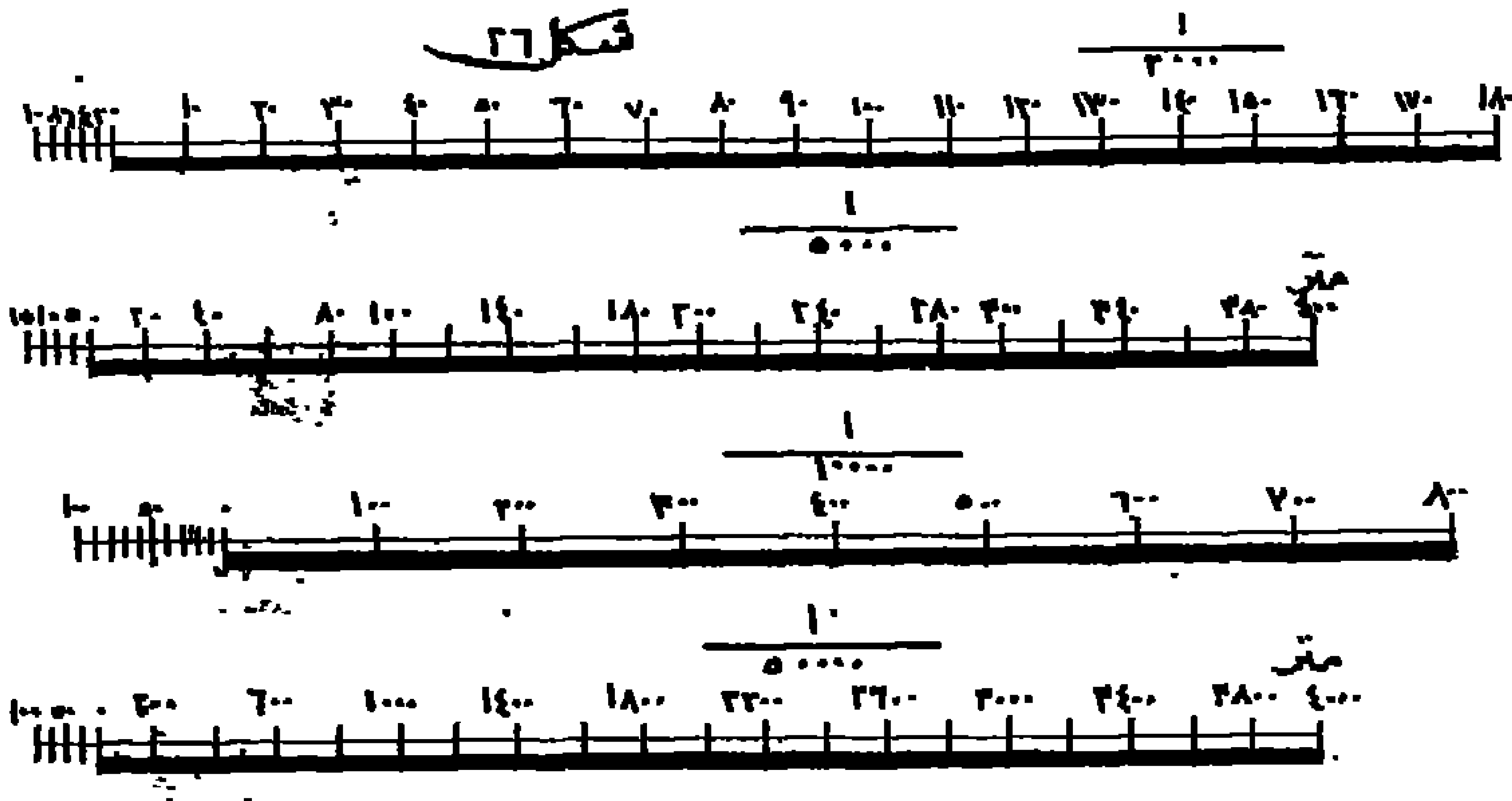


كالخط الثخين لبروز الخريطة ويبتدأ به من الصفر ويتباعد به عن خط المقياس ببعد يساوى ثخنه ومن صورة الشكل تتبين الاطوال اللازم اعطاؤها للشرط المحددة للتقاسيم الدالة على الوحدة وأعشارها ويتبين منه أيضا كيفية تحبيرها

(تنبيهات)

أولا — متى لزم أخذ طول أو قياس خط يلزم مراعاة أنه اذا وقعت سنة البيكار بين قسمين من الاقسام الصغيرة يقدر الكسر بالنظر

مثلا اذا أريد معرفة مقدار الخط أب (شكل ٢٥) يرى انه بوضع احدى سنتى البيكار على نمرة ٢٠ من الوحدة الاصلية تكون السنة الثانية تاركة قسمين ونصفا من كسور الوحدة وتوجد تقريبا فى خمس المسافة بين القسمين الصغيرين التاليين بمعنى انها قدرت ٠٫٢٠ بعد اثنين وعشرين مترا ونصفا أعنى يكون طول الخط



أ.ب = ٢٢٫٥٠ + ٠٫٢٠ = ٢٢٫٧٠ بالتقريب الكافى

ومن (شكل ٢٦) يتبين كيفية رسم المقاييس الاصلية المستعملة على خط واحد وكيفية تمييزها.

ثانيا — اذا كانت المعالم لاتسمح بأخذ كسور المتروحدة أصلية كما سبق ينتخب الطول اللائق لان يكون وحدة أصلية مع ملاحظة بند ١٧ فى اهمال الكسور

وتستعمل المقاييس ذات الشبكات فى الاشغال الطبوغرافية والمساحية وأما المقاييس ذات الخط الواحد فتستعمل فى رسم العمارات والاستحكامات والرسومات الجغرافية ويندر استعمالها فى الاشغال الطبوغرافية حيث ان نتائجها قليلة الضبط (خصوصا عند الشغل بطريقة التقاطع لان خطأها الجزئى فى القاعدة يسرى كثيرا)

الفصل الرابع

فى الآلات المعدة لقياس الزوايا

بند ٢٤ — الآلات المعدة لقياس الزوايا ورسمها تنقسم الى قسمين الاول يسمى جونيومتر بمعنى أنها تقيس الزوايا بالدرج وكسوره والثانى يسمى جونيوجراف بمعنى أنها ترسم الزاوية بدون أن تبين مقدارها وينقسم الاول الى نوعين الاول يرسم زاوية ثابتة قدرها ٩٠° أو ٤٥° وذلك كمثلث المساح وغيره والنوع الثانى هو الذى يعين مقدار الزاوية بالدرج وكسوره كالجرافومتر والبنطومتر والبوصلة وغيرها وأما القسم الثانى فهو كالبلانشيطة ولنشرح تركيب هذه الآلات واستعمالها فنقول

المبحث الاول

فى مثلث المساح

بند ٢٥ — مثلث المساح هو آلة بسيطة جدا بواسطتها يمكن اقامة وانزال عمود على مستقيم أو رسم خط يصنع مع آخر زاوية قدرها ٤٥° و (شكل ٢٧) يبين هيئة مثلث المساح المذكور

وهو يتركب من أسطوانة مجوفة أو منشور مجوف من النحاس الاصفر به من أسفل

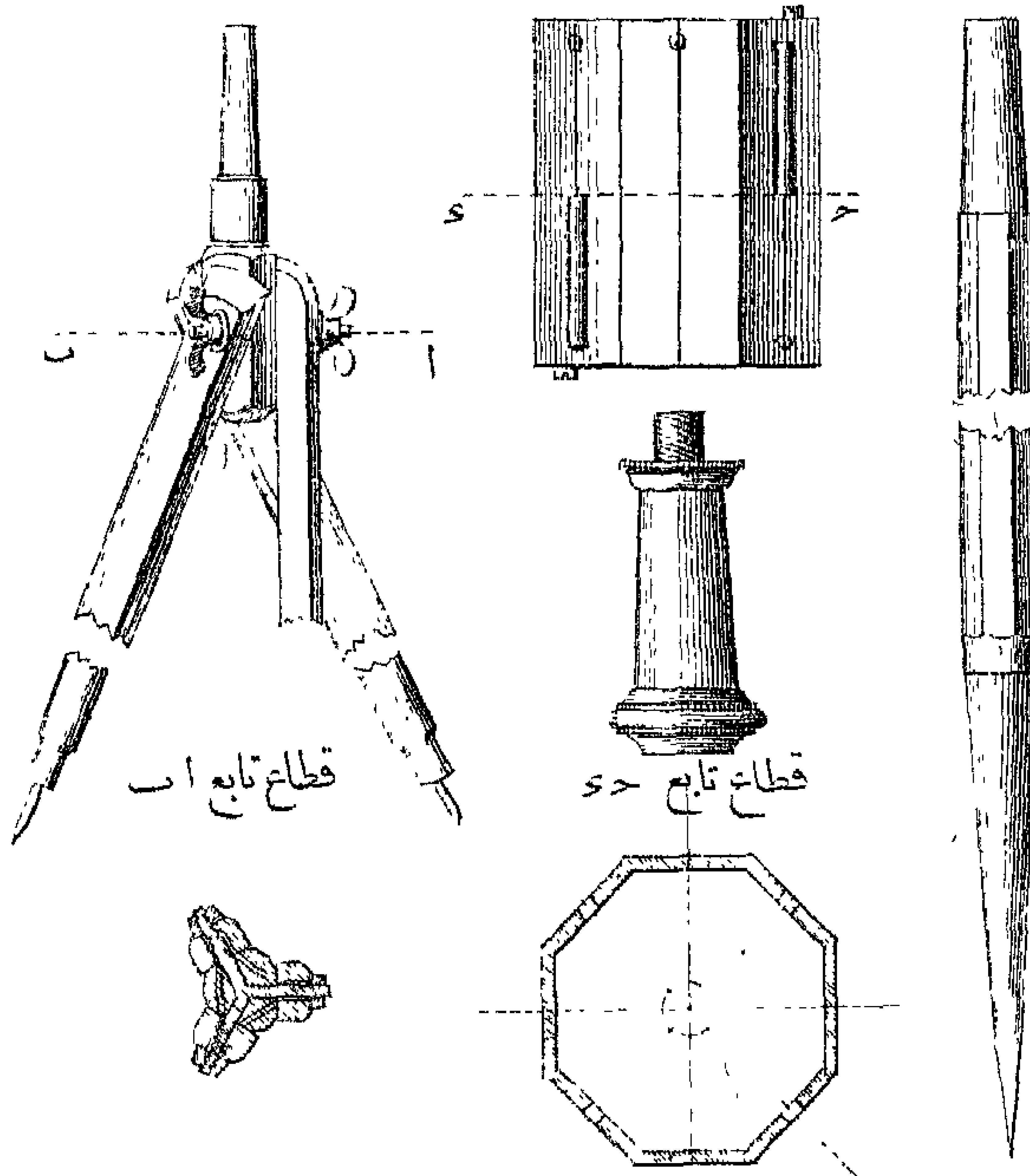
ثقب بريمي يمكن أن يوضع به ساق مجوّف يحمل على رجل من خشب بها من أسفل ركيز كركيز الشاخص لسهولة غرسها بالارض و بعض المثلثات يحمل ساقها المجوّف على ساق مصمط من الخشب مرتبط بثلاث شعب لها ركائز من أسفل لسهولة ثباتها بالارض (شكل ٢٧)

والأسطوانة المذكورة يوجد لها عادة أربعة شروخ بحيث ان المستوى المار بكل اثنين متقابلين يكون عموديا على المستوى المار بالشرخين الآخرين ويتقاطع معه على محور الأسطوانة

واحيانا يكون بالاسطوانة المذكورة ثمانية شروخ أربعة متقابلة أربعة أخرى بحيث ان المستويات المارة بكل اثنين متقابلين تتقاطع مع بعضها على محور الاسطوانة والزاوية المتكوّنة بين كل اثنين متجاورين تكون نصف قائمة أى ٤٥

وفى بعض المثلثات تستعاض الأسطوانة بمنشور مثمن منتظم مجوّف وحينئذ تكون الشروخ فى منتصفات أوجه المنشور وكل شرخ مقسوم الى جزئين

شكل ٢٧

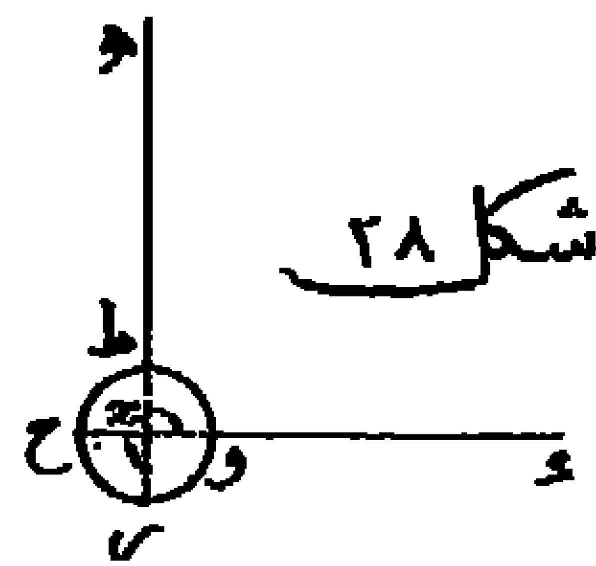


متساويين نصفه الاعلى ضيق والاسفل متسع على هيئة شباك وبه من الوسط شعرة رأسية

مثبتة بواسطة الشمع أو بواسطة برمة صغيرة والشرخ المقابل له يكون مقسوما كذلك ونصفه الاعلى واسع والاسفل ضيق يعنى ان القسم الضيق من شرخ يقابله قسم واسع به شعرة من الشرخ المقابل له وذلك لاجل تحديد النظر وسهولة مرور الاشعة وقبل الشغل بمثلث المساح يجب على المهندس أن يتحقق من كونه مضبوطا أو غير مضبوط

(تحقيق مثلث المساح)

بند ٢٦ ـ لاجل تحقيق مثلث المساح يوضع فى نقطة مثل ح على أرض مكشوفة (شكل ٢٨) بحيث يكون رأسيا ثم يوضع أمامه على حذاء شرخين متعاقبين شاخص رأسى فى نقطة مثل ء ثم ينظر من الشرخين العموديين على الشرخين الاولين ويوضع فى حذائهما شاخص رأسى فى نقطة هـ فمن المعلوم أن زاوية ء ح هـ تكون قائمة ان كان المثلث مضبوطا ثم تدار الآلة بتدوير الساق المجوف حول ساق الرجل الى أن يأتى مستوى الشرخين ح و فى اتجاه شاخص هـ فان مر مستوى الشرخين الآخرين ر و ط بالشاخص ء علم أن زاوية و ح ط = و ح ر يعنى ان كل واحدة منهما تكون قائمة ويكون المثلث مضبوطا وان لم يمر يكن مختلا



وان كان بالمثلث ثمانية شروخ يقتضى أولا تحقيق التعامد كما سلف ثم بعدها يوضع شاخص على اتجاه الشرخ المجاور للشرخ المار بالنقطة الاولى فيكون صانعا مع الشاخص الاول ٤٥° وحينئذ اذا ادير المثلث الى أن يأتى الشرخ التالى للاول محل الاول ومر بالنقطة الاولى فالاول يمر بالنقطة الثانية ان كان المثلث مضبوطا وان لم يمر يكن مختلا وهكذا بمرور الشروخ واحدا بعد آخر

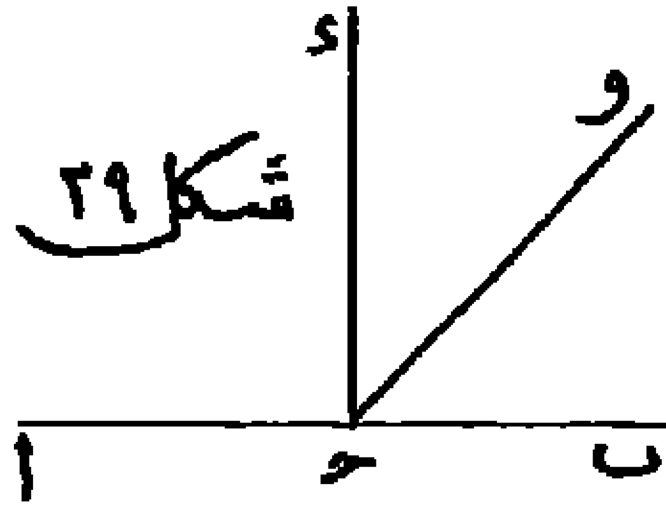
ولنوضح كيفية استعمال مثلث المساح على وجه العموم بالامثلة الآتية

بند ٢٧ ـ المثال الاول ـ المعلوم نقطة مثل ح على مستقيم أ ب والمطلوب اقامة عمود منها عليه بواسطة مثلث المساح (شكل ٢٩)

لذلك يوضع مثلث المساح رأسيا فى نقطة ح (بتثبيت ركيز رجله فى النقطة المذكورة

أن

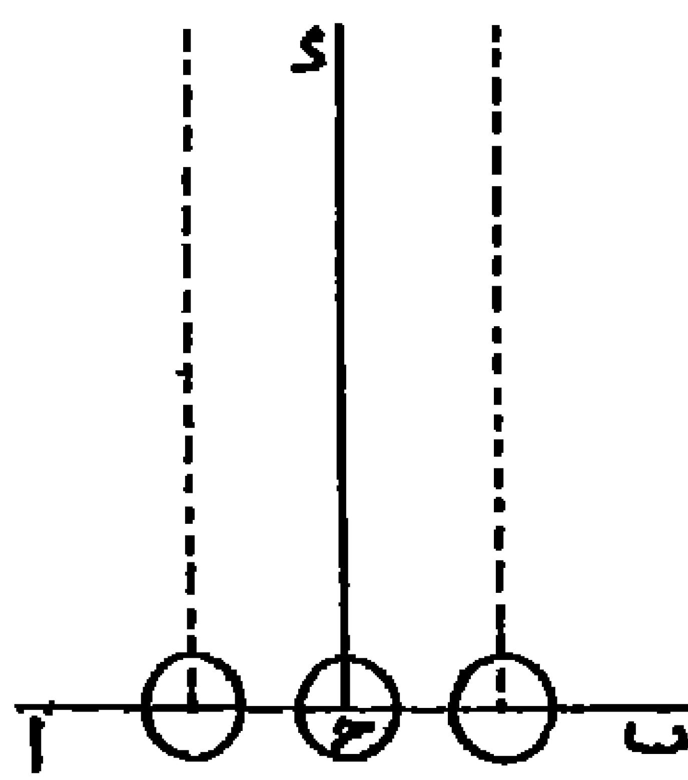
ان كان ذا رجل واحدة أو اسقاط ساقه بواسطة ثقل على نقطة ح ان كانت أرجله ذات ثلاث شعب) ثم تحرك أسطوانته أو منشوره الى ان يمر المستوى المار بشرخين منه بالشاخص الموضوع فى نقطة ب وللتحقق من وجود الآلة على المستقيم أ ب ينظر على الشاخص أ من الجهة الاخرى فان كان الشاخص أ فى اتجاه الشعرة الموجودة بشباك المثلث يعلم أنه موجود على اتجاه أ ب والا فيقدم



الى الأمام و يؤخر الى الخلف حتى انه بالنظر الى نقطة ب من جهة والى أ من أخرى تكون النقطتان فى اتجاه الشعرتين المتقابلتين ثم بعد ذلك ينظر من الشرخين العمودين على الاولين و يوضع شاخص ء على اتجاههما فالخط ح ء يكون هو العمود المطلوب

ملحوظة — ان كان القصد رسم خط من نقطة ح يصنع مع أ ب زاوية قدرها ٤٥° فبعد أن يوضع مستوى شرخين على اتجاه أ ب ينظر من الشرخين التاليين لهما (فى المثلث ذى الثمانية شروخ) ويوضع على اتجاههما شاخص مثل و فتكون زاوية و ح ب = ٤٥°

(بند ٢٨ د) — المثال الثانى — المعلوم نقطة ء خارج مستقيم أ ب والمطلوب انزال عمود منها عليه بواسطة مثلث المساح (شكل ٣٠) لذلك نضع مثلث المساح بحيث يكون مستوى شرخين من شروخه مارا بالمستقيم أ ب وتكون النقطة الموضوع فيها المثلث هى موقع العمود تقريبا ثم ينظر من الشرخين اللذين مستويهما عمودى على مستوى الشرخين الاولين فان مرت الشعرة بالشاخص الموضوع فى ء كان مسقط محور الآلة هو موقع العمود وان لم تمر يتحرك بالآلة الى اليمين أو اليسار على



الخط أ ب بحيث لا يزال مستوى الشرخين مارا به الى أن تمر الشعرة بالشاخص ء فيكون مسقط محور الآلة وهو ح هو موقع العمود المطلوب

ملحوظة — اذا كان المطلوب رسم خط من نقطة د الخارجة يصنع مع أب زاوية قدرها ٤٥° فبعد التحقق من وضع المثلث على اتجاه أب ينظر من الشرختين المجاورين للشرختين المارين بالخط أب على نقطة د ويتحرك بالمثلث يمينا أو يسارا مع وجود الشرختين دائما على اتجاه أب الى أن تشاهد نقطة د فالخط الواصل بين موقع الآلة ونقطة د يكون هو المستقيم الذي يصنع ٤٥° مع أب

بند ٢٩ — المثال الثالث — المطلوب رسم خط من نقطة حـ الخارجة عن مستقيم أب يوازيه بواسطة مثلث المساح (شكل ٣١)

فلذلك ينزل من نقطة حـ عمود على أب كما في بند ٢٨ وليكن د حـ ثم يوضع في نقطة د شاخص ويقام من نقطة حـ عمود على د حـ كما في بند ٢٧ مثل حـ هـ فيكون حـ هـ موازيا أب لأنهما خطان عموديان على ثالث

شكل ٣١

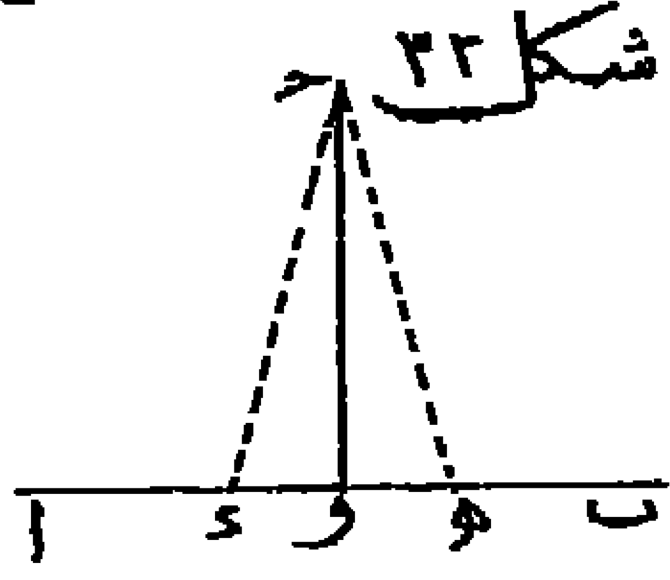
ملحوظة — بما أنه عند انزال العمود د حـ لابد وأن يحصل به خطأ جزئي وخطأ آخر في اقامة العمود حـ هـ على حـ د وبالنسبة لهذين الخطأين الجزئيين يحصل خطأ محسوس في توازي خطي حـ هـ و أب فالأوفق بعد انزال عمود د حـ أن يقاس طوله ثم تؤخذ نقطة أخرى من اتجاه أب متباعدة عن نقطة د ببعد كاف مثل و ويقام منها عمود و هـ على أب كما في بند ٢٧ ثم يؤخذ عليه بعد و هـ = د حـ فالخط هـ حـ يكون هو الموازي المطلوب ويكون مضبوطا كلما بعدت نقطة و عن د

(استعمال مثلث المساح المختل)

بند ٣٠ — اذا كان مثلث المساح مختلا فيمكن به عمل شغل مضبوط كما سيأتي مثلا اذا كان القصد انزال عمود من نقطة حـ على خط أب (شكل ٣٢) بواسطة مثلث المساح المختل فيجري العمل كما في بند ٢٨ وليكن المثلث موضوعا في د ثم نديره دورة قدرها ٩٠° بان يوضع اتجاه الشرختين اللذين كانا على خط أب على اتجاه حـ د

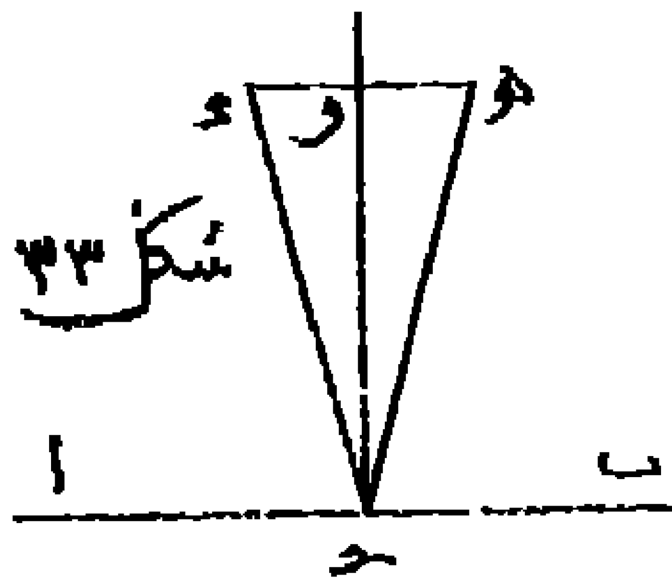
ففي

فني هذه الحالة مادام المثلث مختلا لا نرى نقطة ح من مستوى الشرختين بعد وضع الآخرين على اتجاه أب وفي هذه الحالة يحرك



عيناً أو شمالا مع جعل الشرختين المتحدين على اتجاه أب الى أن يرى مستوى الشرختين الآخرين مارا بنقطة ح ولكن وضع المثلث هو هـ فاذا نصف البعد هـ د بنقطة وكانت هي موقع العمود بالضبط لان مثلث ح د هـ فيه زاويتا هـ و د متساويتان فيكون متساوي الساقين ويكون الخط الواصل من رأسه الى منتصف قاعدته عموديا عليها

بند ٣١ ـ وان كان القصد اقامة عمود من نقطة ح على أب (شكل ٣٣) بواسطة مثلث المساح المختل فيجرى العمل كما في بند ٢٧ ولكن اتجاه العمود هو ح د فيؤخذ عليه بعد معلوم وليكن ح د ثم يدار المثلث دورة قدرها ٩٠° بتثبيت مستوى الشرختين اللذين كانا في اتجاه ح د على اتجاه

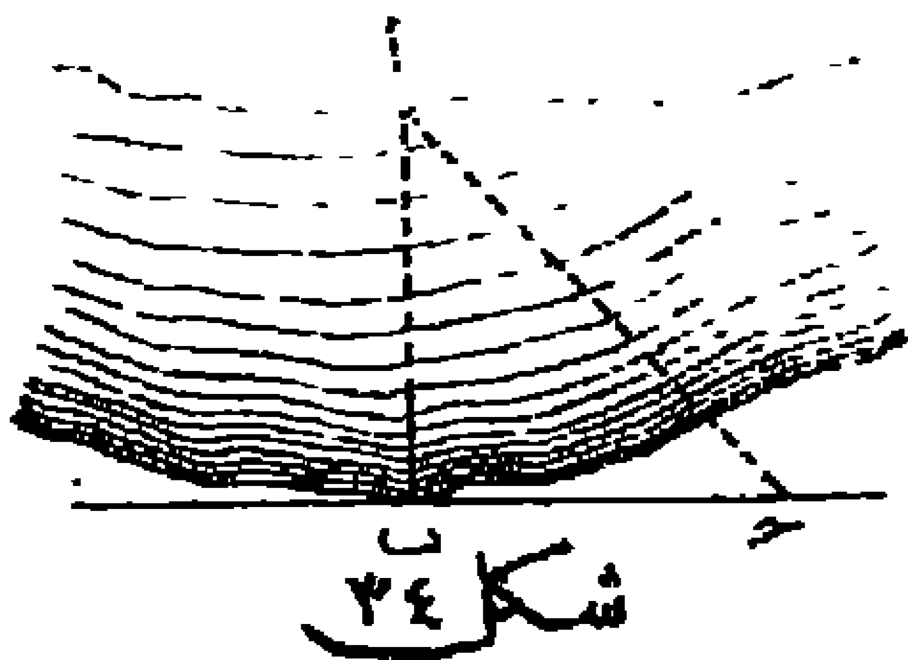


أب وينظر من الآخرين ويوضع على اتجاههما شاخص على بعد مساو د ح ولكن ح هـ فاذا نصف البعد هـ د بنقطة و كان خط ح و هو العمود المطلوب

(تمرينات على حل مسائل بواسطة مثلث المساح)

بند ٣٢ ـ المسألة الاولى ـ المعلوم نقطتان أ و ب مفصولتان عن بعضهما بمانع والمطلوب تعيين مقدار البعد أب فتحل هذه المسألة بعدة طرق

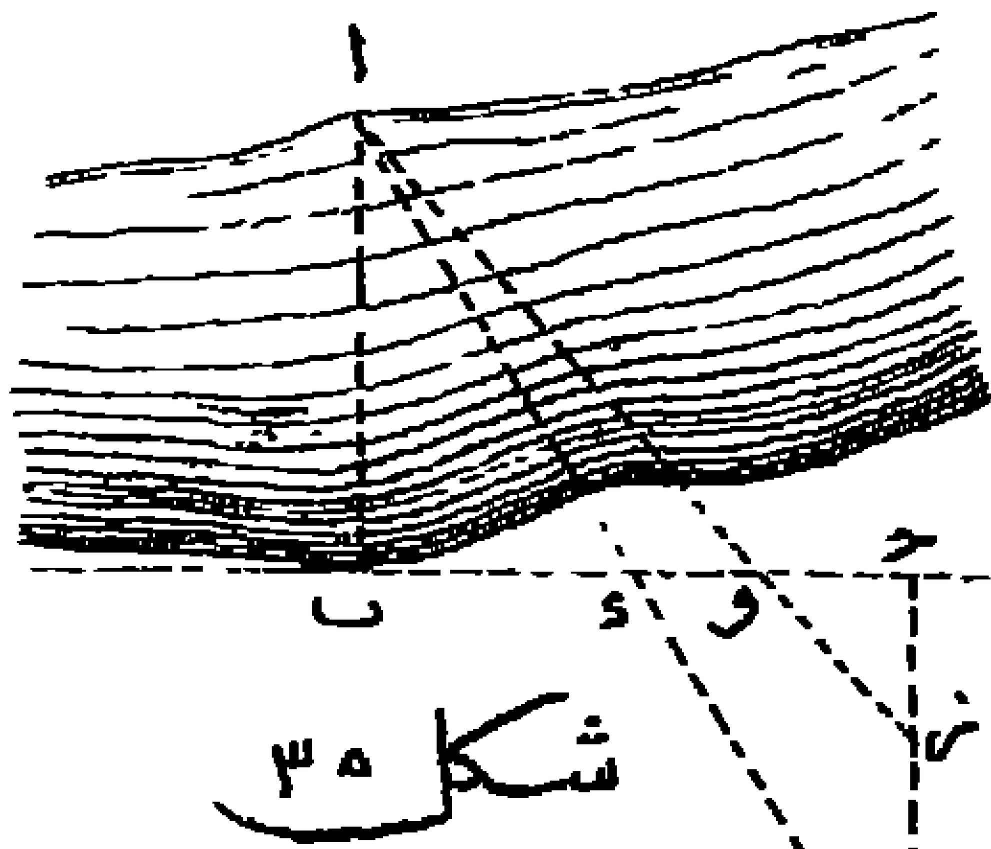
الطريقة الاولى ـ نضع مثلث المساح في نقطة ب (شكل ٣٤) ونقيم منها عمود ب ح على أب بموجب بند ٢٧ ثم نرسم من نقطة أ خطا يصنع مع ب ح زاوية قدرها ٤٥° كما في بند ٢٨ مثل



أ ح فالبعد ب ح الممكن قياسه يكون مساويا أب لان مثلث أ ب ح قائم

الزاوية ومتساوى الساقين لتساوى زاويتى أ ح ب و ح أ ب فيه ويكون ب ح = أ ب

الطريقة الثانية ـ أن يقام من نقطة ب (شكل ٣٥) عمود ب ح على مستقيم أ ب بموجب بند ٢٧ ويؤخذ عليه بعدان متساويان بالابتداء من نقطة ب مثل ب د و د ح ويوضع شاخص فى نقطة د ثم يقام من نقطة ح عمود ح هـ على ب ح ثم يبحث عن نقطة تقاطع خطى ح هـ و أ د (بند ٧٠) ولتكن نقطة هـ فيكون البعد ح هـ الممكن قياسه مساويا أ ب وهو المطلوب



شكل ٣٥

لان مثلثى أ ب د و د ح هـ قائما الزاوية ومتساويان لتساوى الضلعين ح د و د ب بالعمل والزاويتين ح د هـ و أ د ب بالتقابل بالرؤس وينتج من تساويهما أن ح هـ = أ ب

ملحوظة ـ اذا كانت طبيعة الارض لا تسمح بوضع نقطة د على منتصف ب ح يعنى أن نقطة هـ وقعت فى محل غير موافق (شكل ٣٥) فيمكن وضعها فى نقطة أخرى كنقطة و ويجرى العمل كما تقدم ونبحث عن نقطة ن التى هى تلاقى أ و مع ح هـ فينتج مثلثا أ و ب و و ح ن متشابهين لتساوى زواياهما المتناظرة ومنهما يحدث

$$\text{أ ب} = \frac{\text{ب و} \times \text{ح ن}}{\text{ح و}}$$

وحيث ان حدود الطرف الثانى جميعها معلومة فيعلم أ ب .

الطريقة الثالثة ـ اذا كان المانع بستانا أو بناء (شكل ٣٦) فيؤخذ من نقطة أ خط أ ح حيثما اتفق بحيث يتعدى المانع ثم ينزل من نقطة ب عمود على أ ح مثل ب ح ويحدث من مثلث ب ح أ القائم الزاوية

شكل ٣٦


$$\text{أ ب} = \sqrt{\overline{\text{ب ح}}^2 + \overline{\text{أ ح}}^2}$$

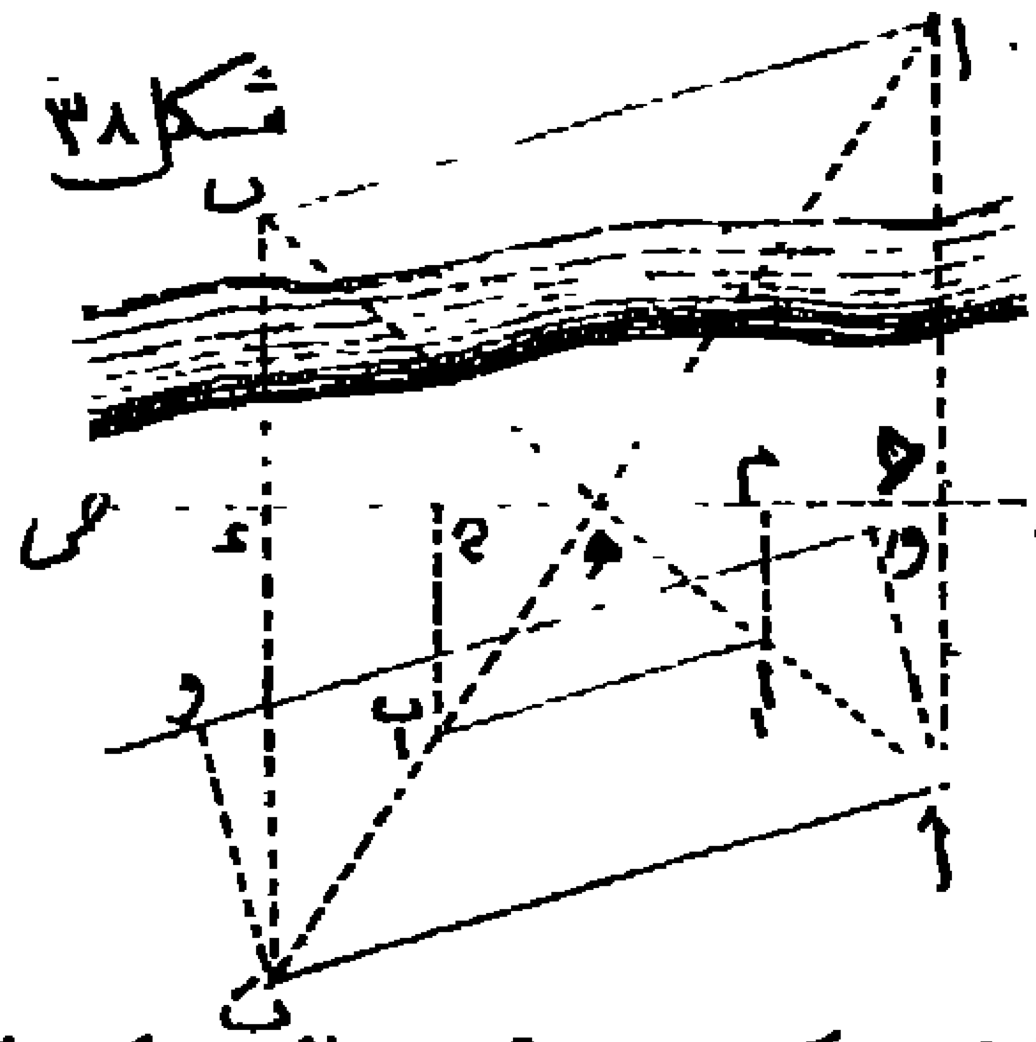
وحيث أنه يمكن قياس ب ح و أ ح فيعلم أ ب

الطريقة الرابعة – اذا أمكن الوصول الى كل من نقطتى ا و ب (شكل ٣٧) والمانع بركة مثلا فيقام عمودان من ا و ب على خط ا ب ويؤخذ عليهما بعدان ا ء و ب ح متساويان بحيث يكون ء ح خارجا عن المانع فبقياس ح ء يتحصل على مساويه ا ب



بند ٣٣ – المسألة الثانية – المراد قياس البعد بين نقطتى ا و ب الغير ممكن الوصول اليهما بمثلث المساح ورسم خط يوازى ا ب الغير ممكن الوصول اليه من نقطة و المعلومة الممكن الوصول اليها فتحل هذه المسألة بعدة طرق

الطريقة الاولى – أن تؤخذ قاعدة مثل س ص (شكل ٣٨) وبموجب بند ٢٨ ينزل عليها من نقطتى ا و ب العمودان ا ح و ب ء ويمدان على استقامتهما من جهتى ح و ء ثم تنصف البعد ء ح بنقطة هـ ونبحث عن نقطتى بَ و اَ اللتين احداهما هى تلاقى خطى ا هـ و ب ء والثانية تلاقى ب هـ و ا ح فالخط اَ بَ الواصل بينهما يكون مساويا وموازيا ا ب وهذا واضح حيث ان الجزأين ء بَ و ا ح متساويان وأيضا ب ء و اَ ح متساويان وحينئذ يكون ب بَ = ا اَ وحيث انهما متوازيان ومتساويان يكون الخطان ا بَ و اَ بَ المحددان للشكل الرباعى ب بَ اَ ا متساويين ومتوازيين وحينئذ فيقاس البعد بَ اَ ويكون هو المطلوب وبرسم خط و وَ من نقطة و يوازى اَ بَ يكون هو الموازى المطلوب



الطريقة الثانية – اذا كانت طبيعة الارض لا تسمح بتعيين نقطتى بَ و اَ

فيجرى العمل بعينه فى انزال العمودين ب ء و أ ح وتنصيف ء ح بنقطة هـ ثم
ينصف كل من البعدين ء هـ و هـ ح بنقطتى ة و م ويقام منهما عمودان
ة ب و م أ على خط ء ح كما هو مقرر فى (بـ ٢٧ـد) ثم يبحث عن نقطتى ب و أ
اللتين احداهما تلاقى خطى أهـ و ة ب والاخرى تلاقى ب هـ و م أ فيكون
الخط أ ب موازيا أ ب ومواز يا كذلك أ َ ب َ ويكون نصف كل منهما
لان مثلثى ء هـ ب َ ة و ة ب هـ متشابهان ومنهما يحدث

هـ ء : هـ ة :: هـ ب َ : هـ ب

وحيث ان المقدم الاول ضعف تاليه فيكون هـ ب َ = ٢ هـ ب

وأيضا من مثلثى ح هـ أ َ و م هـ أ المتشابهين يحدث

ح هـ : م هـ :: هـ أ َ : هـ أ

وحيث ان ح هـ = ٢ م هـ يكون هـ أ َ = ٢ هـ أ

وحينئذ فيكون مثلثا هـ ب َ أ َ و هـ ب أ متشابهين ومنهما يحدث

أ َ ب َ : أ ب :: هـ ب َ : هـ ب

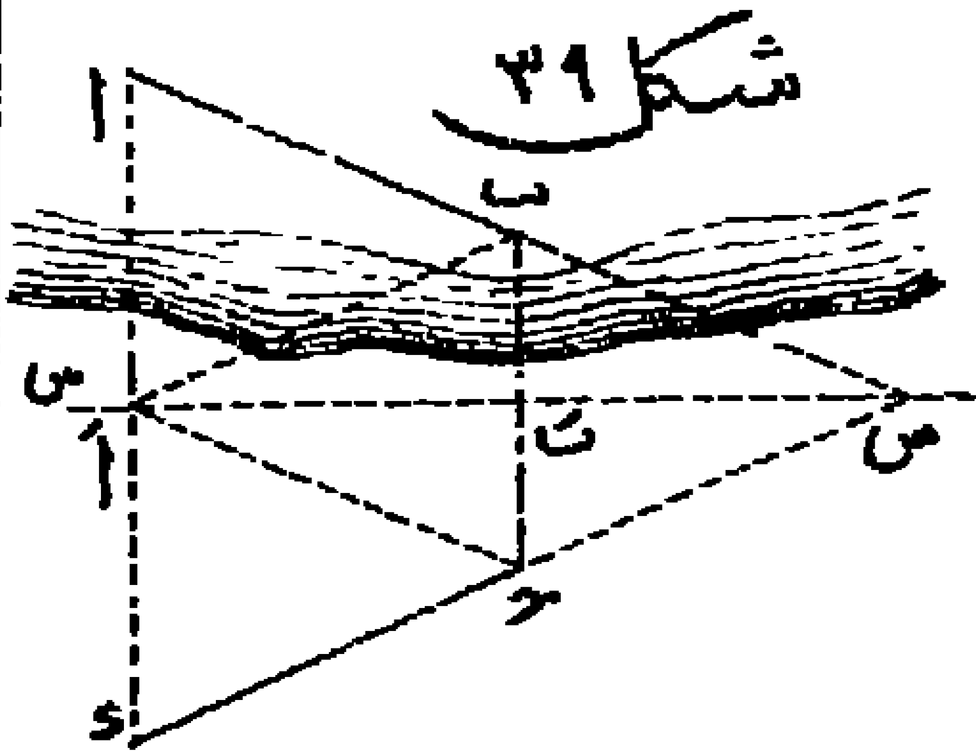
وحيث ان هـ ب َ = ٢ هـ ب يكون أ َ ب َ = ٢ أ ب

يعنى أن أ ب = نصف أ َ ب َ أو نصف مساويه أب

ثم يكون أ ب موازيا أ َ ب َ لانه قاسم ضلعى مثلث هـ ب َ أ َ الى اجزاء
متناسبة وعليه فيكون موازيا أب ثم من نقطة و يرسم خط و و َ يوازى أب
فيكون موازيا أب .

الطريقة الثالثة ـ أن تنتخب قاعدة مثل س ص ثم ينزل عليها العمودان
ب ب َ و أ أ َ (شكل ٣٩) من نقطتى أ و ب ويعين طولهما بـ ٣٢ـد ويعد

كل منهما على استقامته و يؤخذ على الاول بعد بَ حـ = ب بَ وعلى الثانى بعد اَ ى = ا اَ ثم توصل حـ ى فيكون مساويا أب لانه اذا توهم وصل ب اَ , حـ اَ يحدث المثلثان ب بَ اَ و اَ بَ حـ القائما الزاوية المتساويان لتساوى ضلعى ب بَ و بَ حـ فيهما

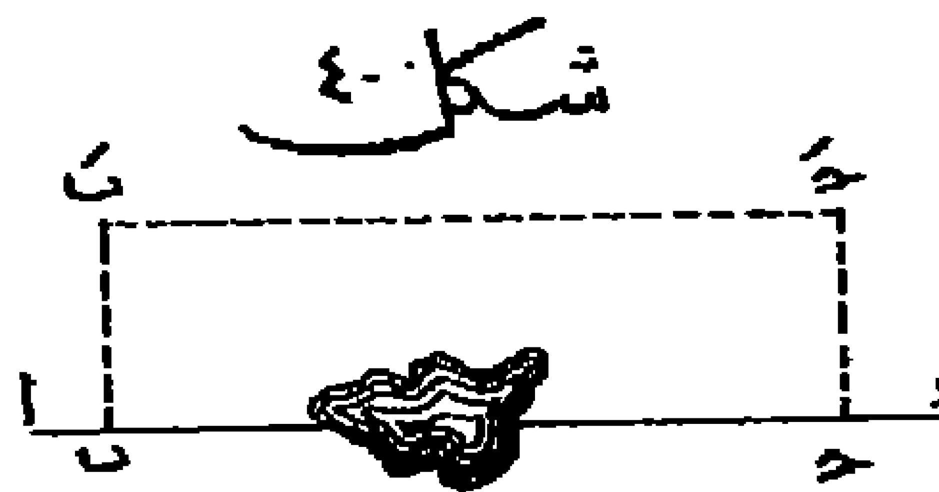


بالعمل و بَ اَ مشترك بينهما و ينتج من تساويهما ان ب اَ = اَ حـ وزاوية ب اَ بَ = بَ اَ حـ وعليه تكون زاوية حـ اَ ى تساوى ا اَ ب والمثلثان أ ب اَ , حـ اَ ى يتساويان لتساوى اَ ب و اَ حـ بالبرهان و ا اَ و اَ ى بالعمل وزاويتى ب اَ ا و حـ اَ ى بالاثبات و ينتج من تساويهما أن حـ ى = ا ب

بند ٣٤ المسألة الثالثة ـ المطلوب مد مستقيم خلف مانع

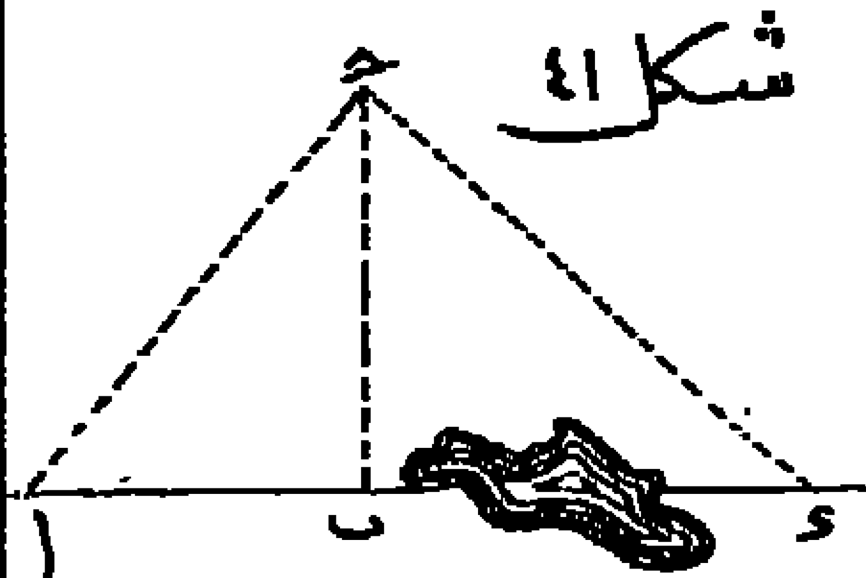
فتحل هذه المسألة بجملة طرق نذكر منها طريقتين فقط

الطريقة الاولى ـ اذا أريد مد مستقيم أب خلف بستان مثلا (شكل ٤٠) تؤخذ عليه نقطة مثل ب ثم يقام منها عمود عليه مثل ب بَ (بند ٢٧) ويؤخذ عليه نقطة ما مثل بَ ويقام منها عمود بَ حَ على ب بَ ثم من نقطة حـ



الاختيارية يقام العمود حـ حَ على بَ حَ و يؤخذ عليه بعد حَ حـ = ب بَ ثم يقام من نقطة حـ عمود حـ ى على حَ حـ فيكون حـ ى هو امتداد ا ب لان الشكل الرباعى حـ حَ بَ ب مستطيل وأن حـ ى , أب هما امتدادا قاعدته السفلى واذا أريد معرفة طول البعد ب حـ يقاس بَ حَ

الطريقة الثانية ـ أن يقام من نقطة ب (شكل ٤١) عمود ب حـ على اتجاه ا ب ثم يؤخذ عليه بعد اختيارى ب حـ ثم يقام من نقطة حـ عمود



ى حـ على حـ ا بحيث يكون مقاديا للمانع وحينئذ فيحدث مثلثان ا ب حـ و ا ى حـ قائما الزاوية متشابهان ومنهما يحدث

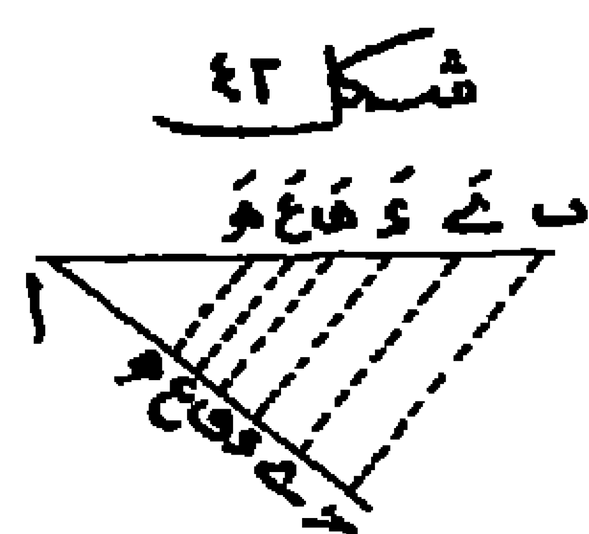
$$ح ى = \frac{ب ح \times ا ح}{ا ب}$$

وحيث ان حدود الطرف الثانى جميعها يمكن قياسها فيعلم الطرف الاول حـ ى الذى يؤخذ بالابتداء من حـ على العمود حـ ى فنهايته ى تكون هى نقطة من امتداد ا ب و يأخذ نقطة أخرى على العمود ب حـ خلاف نقطة حـ واجراء العمل بعينه تحصل نقطة أخرى من اتجاه ا ب وبهذه الكيفية يمكن ايجاد عدة نقط من امتداد أ ب خلف المانع

بند ٣٥ ـ المسألة الرابعة ـ المطلوب تشخيص مستقيم بين نقطتى ا و ب (شكل ٤٢) بينهما مانع يحجب رؤية احداهما من الاخرى بحيث لا يمكن اجراء الحالتين المتقدمتين فى بند ٣٤

لذلك يؤخذ من نقطة ا مستقيم حيثما اتفق بحيث يفادى المانع مثل ا حـ ثم ينزل من نقطة ب عمود ب حـ على اتجاه ا حـ ثم يقاس البعدان ب حـ و ا حـ وبعد ذلك تؤخذ عدة نقط من اتجاه ا حـ مثل هـ و ع و ف ... الخ وتقاس الابعاد ا هـ و ا ع و ا ف ... الخ ويقام من النقط هـ و ع و ف ... الخ اعمدة على اتجاه ا حـ مثل هـ هـَ و ع عَ و ف فَ و ... الخ وتتعين مقاديرها كما سيأتى

مثلا لتعيين هـ هـَ يؤخذ المثلثان ا هـ هـَ و ا ب حـ المتشابهان ومنهما



$$هـ هـَ = \frac{ب ح \times ا هـ}{ا ح} \quad .... \quad (١)$$

وكذا من مثلثى ا ع عَ و ا ب حـ المتشابهين يحدث

$$ع عَ = \frac{ب ح \times ا ع}{ا ح} \quad .... \quad (٢)$$

$$ف فَ = \frac{ب ح \times ا ف}{ا ح} \quad .... \quad (٣)$$ وهكذا

وحينئذ فالمقادير المعينة الى هـ هـَ و ع عَ و ف فَ تحدد النقط هـَ و عَ و فَ و ... الخ من الاتجاه ا ب

(ملحوظة

(ملحوظة مفيدة لايجاد البعد الثابت لمثلث المساح)

بند ٣٦ – عند الرسم بواسطة مثلث المساح لا يتجاوز طول العمود الذى يقام أو ينزل به طول خط من الرسم مساو لنصف قطر أسطوانة مثلث المساح المذكور وهذا الطول هو المعبر عنه بالبعد الثابت لمثلث المساح

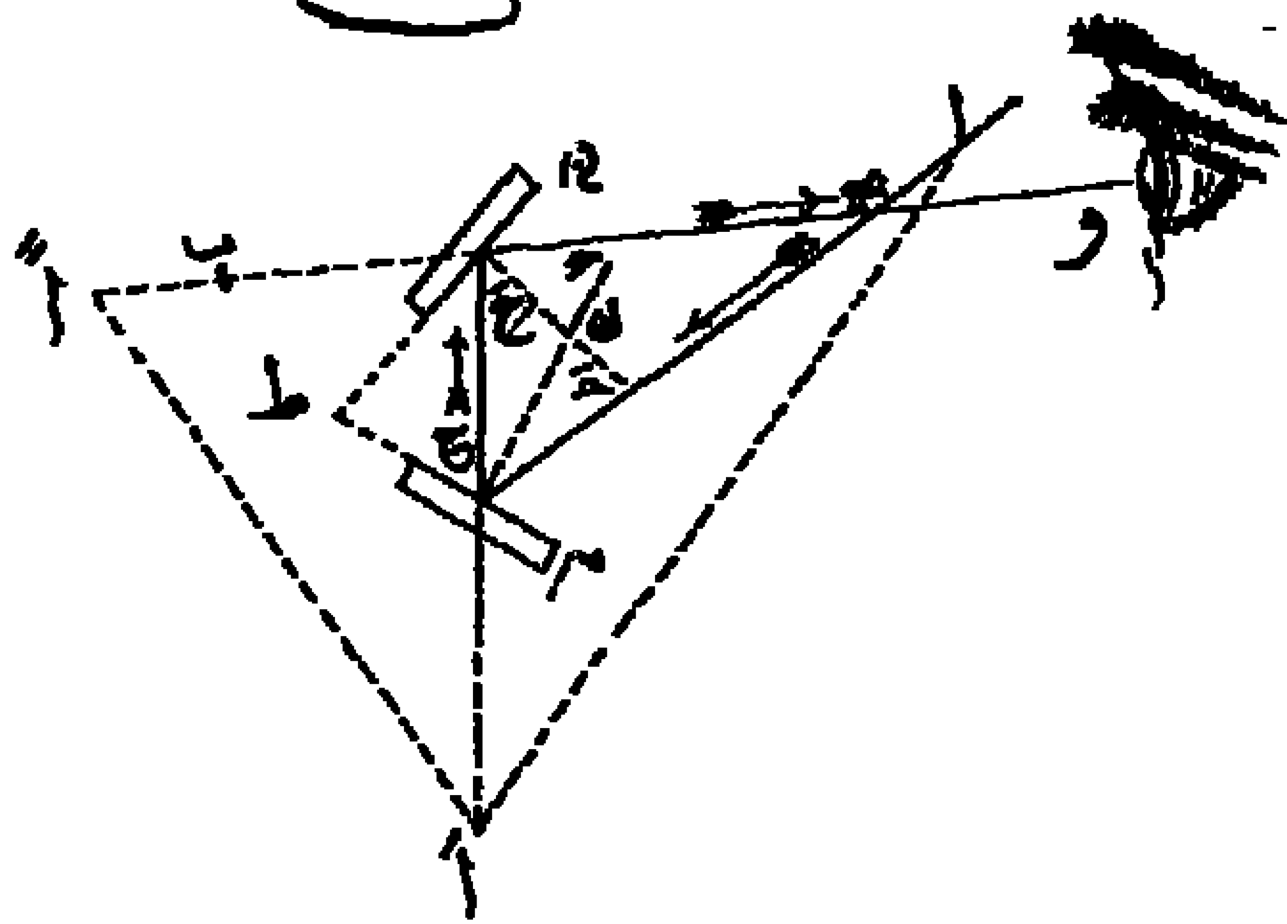
لان الاعمدة التى تكون أطول منه لابد أن يكون بها خلل يسرى الى الرسم مثلا فى المثلثات التى انصاف أقطارها ٠,٠٠٦ متر يكون بعدها الثابت مساويا الى خط من الرسم طوله ٠,٠٠٦ متر يعنى ان العمود الذى يقام أو ينزل بواسطته يكون ٦٠ مترا اذا كان مقياس الرسم = $\frac{1}{10000}$ ويكون ١٢٠ مترا اذا كان المقياس = $\frac{1}{20000}$ أعنى انه يساوى نصف قطر أسطوانة المثلث مضروبا فى مقام مقياس الرسم

وعموما فالمثلثات ذات الشروخ الضيقة أضبط من المثلثات ذات الشبابيك التى بها شعر حيث ان الشعاع البصرى يكون انحرافه الجزئى فى الاولى محصورا

المبحث الثانى

فى مثلث المرآيات

بند ٣٧ – يعوض مثلث المساح فى أغلب الاحوال بمثلث المرآيات المؤسس على القاعدة الآتية التى عليها تؤسس جميع الآلات ذات الانعكاس المضاعف ولنقصد لشرح هذه القاعدة فنقول



نفرض م ط و ى ط مرآتين سطحهما عمودان على مستوى المسقط أى رأسيتين وهاتان المرآتان صانعتان بينهما زاوية حيثما اتفق م ط ى (شكل ٤٣) ثم نفرض نقطة مثل أ امام المرآة م ط فالشعاع أ ح الآتى منها للمرآة المذكورة ينعكس فى اتجاه ح حَ بحيث ان زاوية السقوط تساوى زاوية

الانعكاس ع ع ط ونقطة أ َ تكون هى صورة نقطة أ بعد الانعكاس الاول ثم ان شعاع ع عَ يعتبر ساقطا على المرآة ن ط فينعكس فى اتجاه و عَ بزاوية سقوط ع ع ط تساوى زاوية انعكاس و عَ ن وحينئذ اذا كانت عين الراصد فى نقطة و فترى صورة نقطة أ فى اتجاه أً المماثلة الى أَ بالنسبة لسطح المرآة ن ط ونقطة أً هى المسماة بصورة نقطة أ بعد الانعكاس المضاعف وتكون زاوية أ ب أً ضعف زاوية ن ط م

لانه اذا أقيم من نقطة ع خط غ ح عمودى على سطح المرآة م ط تكون زاوية ب ع ح = ح ع عَ وأيضا اذا أقيم من نقطة عَ خط عَ حَ عمودى على سطح المرآة ن ط تكون زاوية ب عَ حَ = حَ عَ ع والخطان ع ح , عَ حَ يتقاطعان فى ك وتكون زاوية ح ك عَ تساوى الزاوية الواقعة بين المرآتين وهى ن ط م لتعامد اضلاعهما أى يكون

ح ك عَ = ن ط م .... (١)

وبالتأمل للشكل يرى أن زاوية ح ك عَ خارجة عن مثلث عَ ك ع فيكون ح ك عَ = ك ع عَ + ك عَ ع وبملاحظة معادلة (١) يحدث

ن ط م = ك ع عَ + ك عَ ع

وبملاحظة أن زاوية ك ع عَ = $\frac{\text{ب ع عَ}}{٢}$, عَ ع ك = $\frac{\text{ب عَ ع}}{٢}$ يحدث

ن ط م = $\frac{\text{ب عَ ع + ب ع عَ}}{٢}$ أو

٢ ن ط م = ب ع عَ + ب عَ غ .. - (٢)

وكذلك زاوية أ ب عَ خارجة عن مثلث ب ع عَ فتساوى

أ ب عَ = ب ع عَ + ب عَ ع وبناء على معادلة (٢) يحدث

٢ ن ط م = أ ب عَ

ن ط م = $\frac{\text{أ ب عَ}}{٢}$

بمعنى ان الزاوية الواقعة بين الشعاع الساقط والمنعكس انعكاسا مضاعفا تساوى ضعف الزاوية الواقعة بين المرآتين .

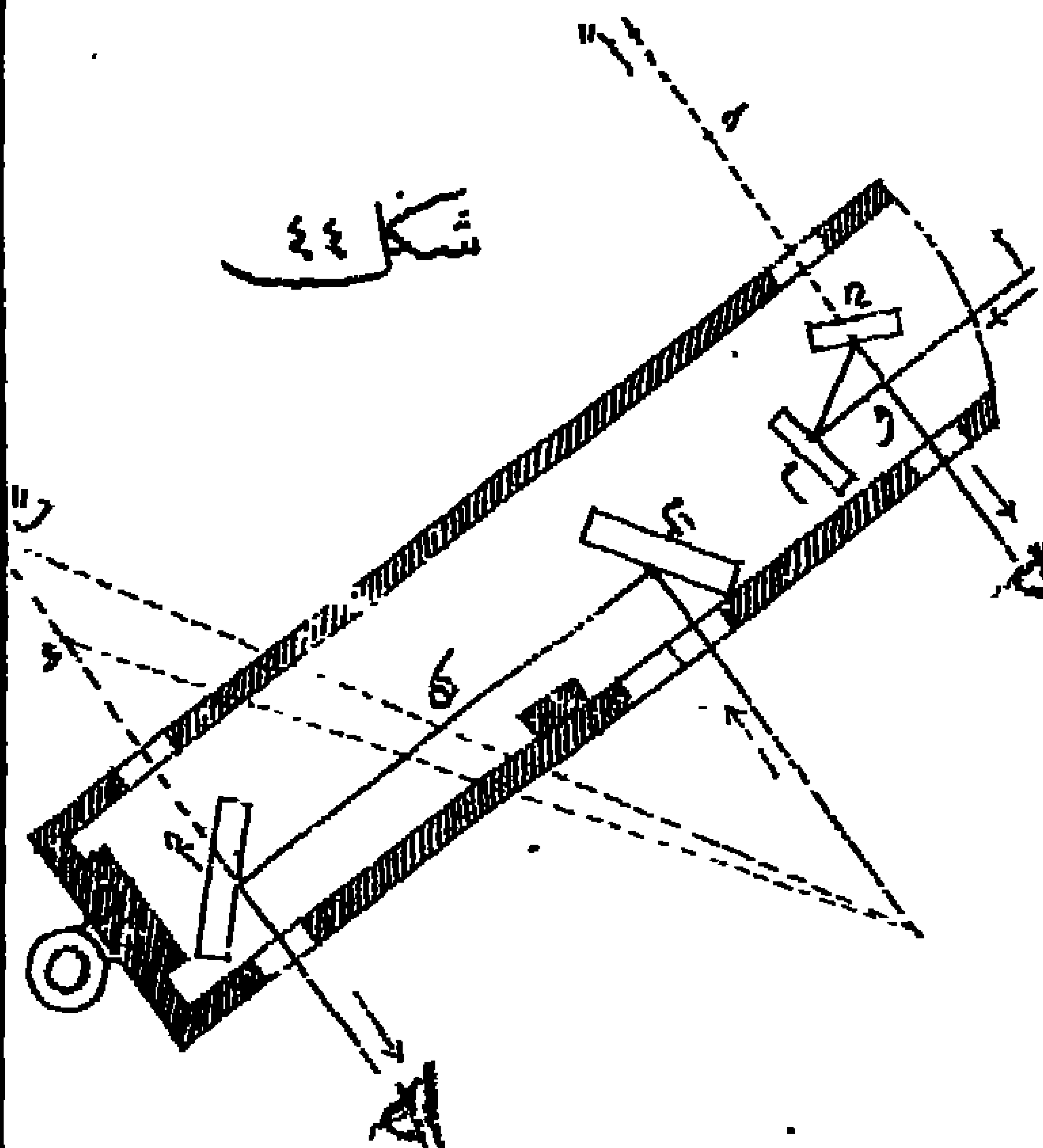
بند

بـ ٣٨ ـد ـ فاذا فرض الآن ان المرآة م مقصد رجيعها وان مرآة ﮈ لا يكون مقصدر منها سوى نصفها الاسفل وان مستوى المسقط مار بنهاية القصدرة من أسفل فينتج من الخاصية المتقدمة أنه اذا نظر فى اتجاه ا" من جزء المرآة ﮈ الغير مقصدر الشفاف نقطة أخرى مثل ب فالزاوية المحصورة بين ا و ب تكون هى عين الزاوية ا و ا" بمعنى انها تكون ضعف الزاوية الواقعة بين المرآتين

(شرح مثلث المرأيات اختراع ايكنس)

بـ ٣٩ ـد ـ ولنطبق الآن الخاصية السابقة على مثلث المرأيات اختراع ايكنس الذى هو عبارة عن علبة من النحاس الاصفر قطاعها مستطيل (شكل ٤٤)

أولا ـ المرآتان المزدوجتان م و ﮈ صانعتان بينهما زاوية قدرها ٤٥° وموضوعتان فى نهاية فتحة العلبة بحيث ان الاتجاه و ا" يكون عموديا على و ا أى على الاتجاه المار بشاخص ا الموضوع على عين الراصد وحينئذ فنفعة قصدرة جزء المرآة ﮈ أنه من شباك صغير مصنوع فى جدار العلبة الذى خلف الجزء الشفاف يثبت شاخص ﺣ فى اتجاه و ا" فيكون و ﺣ عموديا على و ا ويطلق على هاتين المرآتين الازدواج ذو النصف قائمة



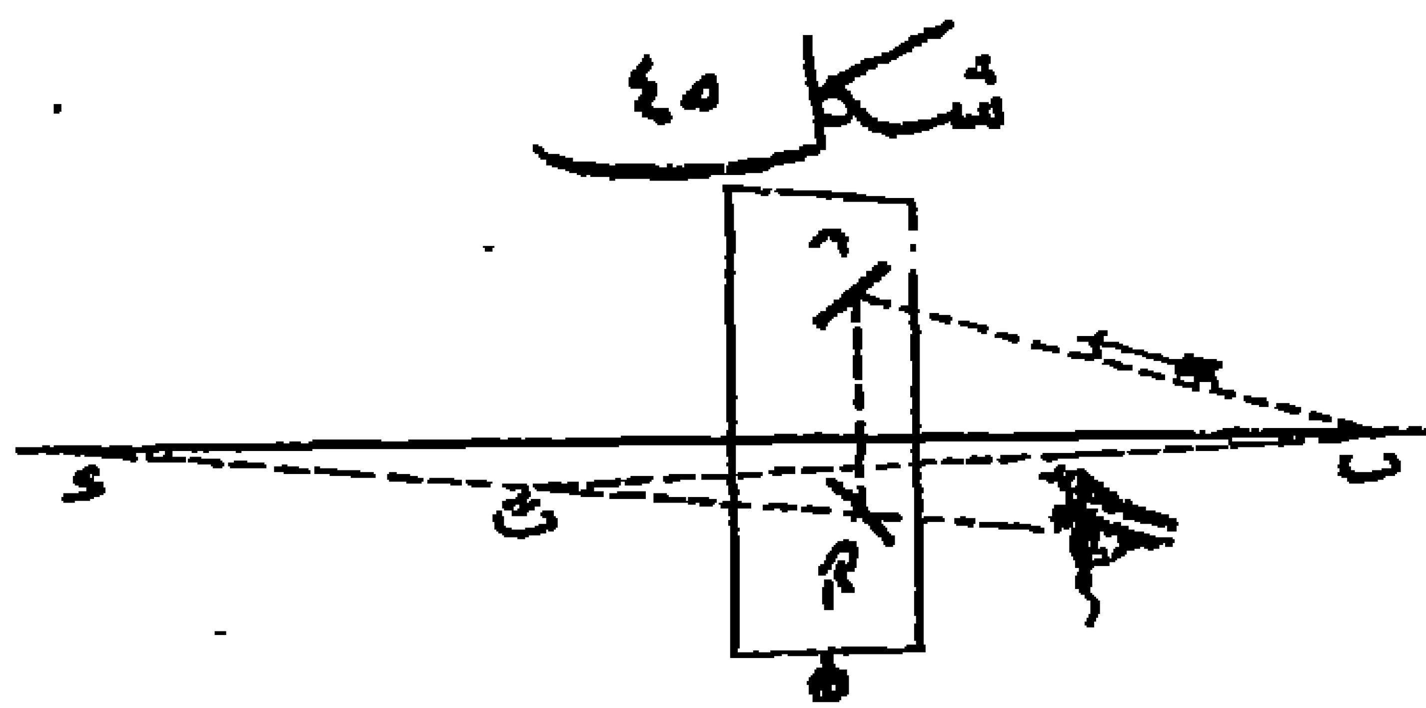
ثانيا ـ المرآتان المزدوجتان م و ﮈ موضوعتان فى قلب العلبة ومكونتان بينهما زاوية قدرها ٩٠° ثم بواسطة شباكين موضوعين بتدبير موافق فى جدران العلبة أمام كل من المرآتين ترى نقطة ب على مرآة ﮈ

فى اتجاه ه بً الموازى ب م بحيث تكون الثلاث نقط ب و ك و بً على
مستقيم واحد فاذا انظر فور الجزء الشفاف من مرآة ه فى فتحة مصنوعة خلفها
فى جدران العلبة يمكن تثبيت شاخص ى على اتجاه ه بً بحيث ان المسافة ه ى
لا تفترق كثيرا عن ب م وخط ى ب يمر مرورا محسوسا بنقطة كً التى هى وسط م ه
وبالنظر لابعاد هذه الآلة بنسبة المسافات بينها وبين نقطتى ى و ب يعلم أن مركز الآلة
على اتجاه ب ى ويطلق على هاتين المرآتين اسم الازدواج القائم

(استعمال مثلث المرآيات)

يستعمل مثلث المرآيات كاستعمال مثلث المساح من حيثية الدخول فى حذاء نقطتين
وانزال عمود على مستقيم من نقطة خارجة عنه واقامة عمود على مستقيم من نقطة
مفروضة عليه أعنى ان بهذا المثلث يمكن رسم المسقط الافقى لقطعة أرض

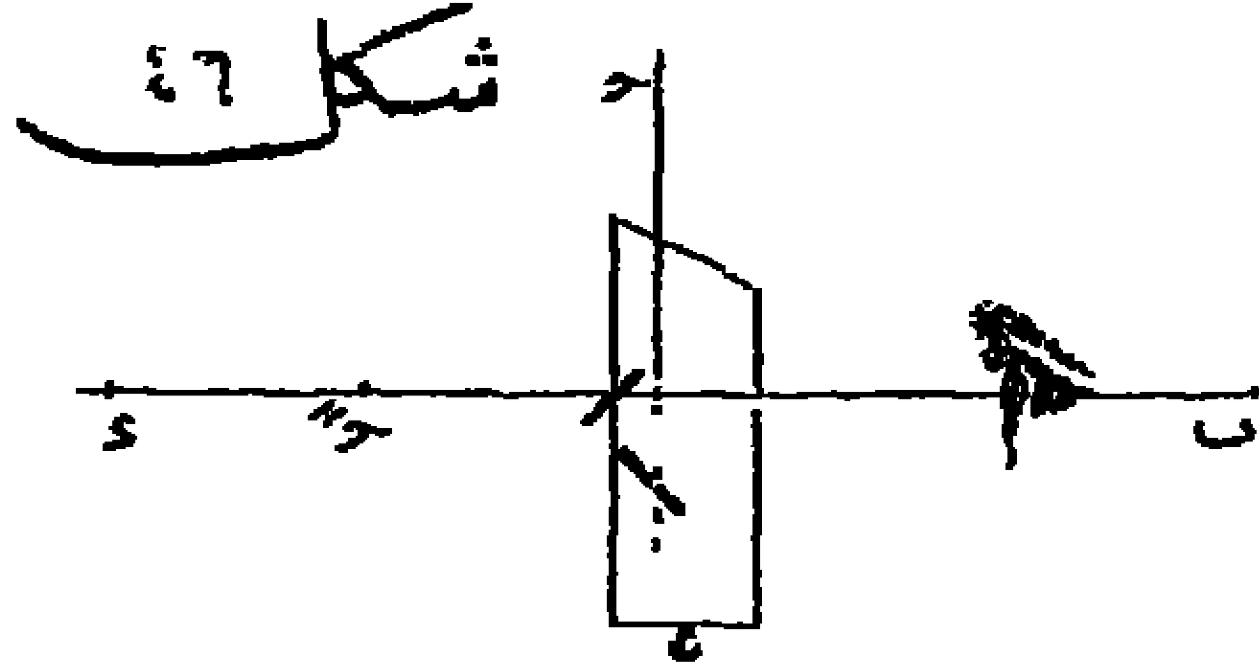
بند ٤٠ — أولا — لوضع مثلث المرآيات على اتجاه مستقيم مار بنقطتى ب و ى
المعلومتين بشواخص (شكل ٤٥) يكفى وضع المثلث على الاتجاه المذكور تقريبا ثم
يمسك باليد وينظر من الثقب المقابل للازدواج القائم الى ان ترى من الجزء المقصدر
للمرآة ه الصورة بعد الانعكاس المضاعف للشاخص ب منطبقة على الشاخص ى
الذى يرى من الجزء الشفاف لهذه المرآة ه فيكون مسقط مركز المثلث على الارض هو نقطة من اتجاه ب ى ويسهل اجراء هذا التطبيق بالبحث والتنقل اللذين يسهلان بكثرة الممارسة فى العمل


شكل ٤٥

بند ٤١ — ثانيا — انزال عمود على مستقيم ب ى من نقطة ح الخارجة عنه

(شكل

(شكل ٤٦) فلذلك يلزم مسك المثلث باليد ثم بواسطة الازدواج القائم يجب الدخول بين نقطتي ب و د (بند ٤٠) ثم يتحرك الى الأمام أو الخلف حتى يرى الشاخص ح من الازدواج ذى النصف



قائمة بعد انعكاسه المضاعف على هذا الازدواج منطبقا على الشاخص د الذى يرى من الجزء الشفاف لهذا الازدواج مع ملاحظة وجود المثلث بين نقطتي ب و د بالازدواج القائم يعنى تحقيق الاعمال بالبحث فى كل من الازدواجين

وحينئذ يكون موقع مركز المثلث على الارض هو موقع العمود النازل من نقطة ح على اتجاه ب د

بند ٤٢ ـ ثالثا ـ اقامة عمود على مستقيم من نقطة مفروضة عليه

لذلك نمسك المثلث باليد ونقف فى النقطة المذكورة ومن الازدواج ذى النصف قائمة يرى الشاخص الذى يكون على اليمين بعد انعكاسه المضاعف ويوضع على اتجاهه من الجزء الشفاف لهذا الازدواج شاخص آخر كما فى بند ٣٩ فيكون هو اتجاه العمود

(فائدة مثلث المرآيات)

بند ٤٣ ـ هذا المثلث سهل جدا فى الاعمال عن مثلث المساح لانه يمسك باليد ولا يحتاج الى تعب تثبيت الارجل فى الارض عند اجراء كل بحث ولذا الفائدة العظمى فى الطرق المستحجرة أو الحارات المبلطة التى يستحيل الوقوف فيها تقريبا بمثلث المساح ذى الرجل الواحدة

أما من جهة الضبط الذى يلزم اعتباره دائما فهو أنه اذا كانت زوايا مرآيات كل ازدواج مضبوطة فالزوايا المرسومة بالمثلث تكون ضعفها بالضبط ولكن بسبب أنه لا يوجد لاثل لوضع الاشعة البصرية للراصد فى مستو عمودى على سطح الانعكاس

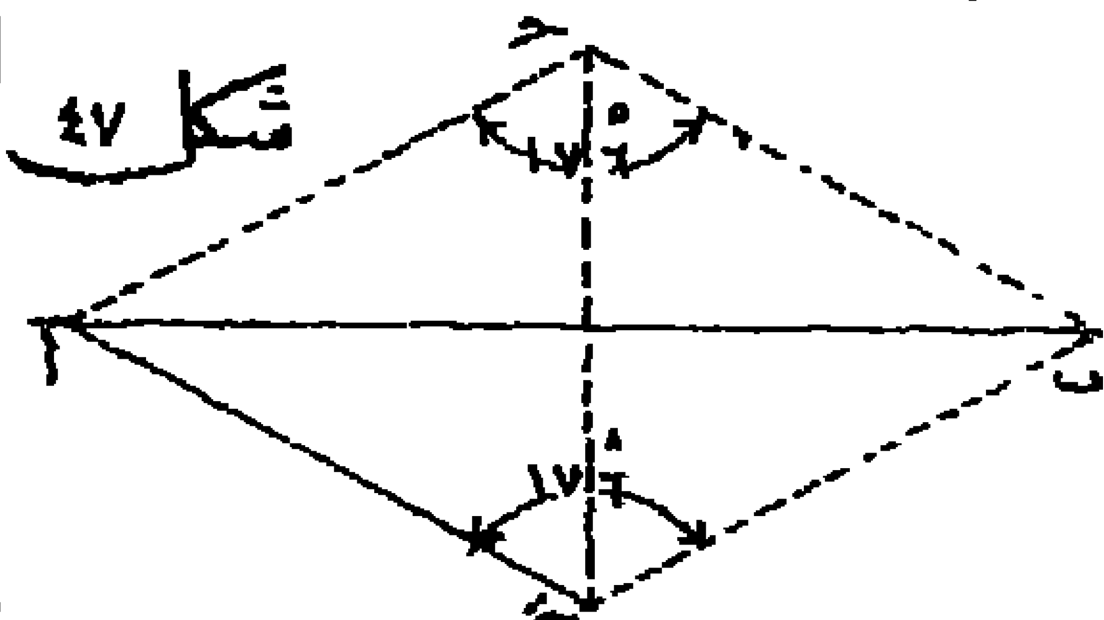
المزدوج بسبب عدم تحقيق ذلك فلا يمكن أن تكون الزوايا المرسومة بهذا المثلث مضبوطة أكثر من المرسومة بمثلث المساح وحينئذ ففائدة هذه الآلة هى سرعة الاعمال وسهولتها

(مضار مثلث المرآيات)

بند ٤٤ ــ هذا المثلث به ضرر عظيم وهو كون مرآياته مستعدة للخلل وبالنسبة لذلك يلزم تحقيقه كثيرا وتصليحه عند اللزوم ومن أجل ذلك قد جعلت احدى مرآتى كل ازدواج قابلة للتحرك بواسطة مفتاح ملتحم بالآلة

(تحقيق وتصليح مثلث المرآيات)

بند ٤٥ ــ أولا ــ لتحقيق مرآتى الازدواج القائم يوضع المثلث فى حذاء المستقيم الواصل بين نقطتين مثل ا و ب (شكل ٤٧) على بعد مائة متر تقريبا من كل منهما كما فى بند ٤٤ بالنظر مباشرة الى ا مثلا والى نقطة ب بالانعكاس المضاعف وليكن وضع المثلث فى نقطة ح (ولنفرض للسهولة أن زاوية الازدواج هى ٨٨° بدل أن تكون ٩٠°)



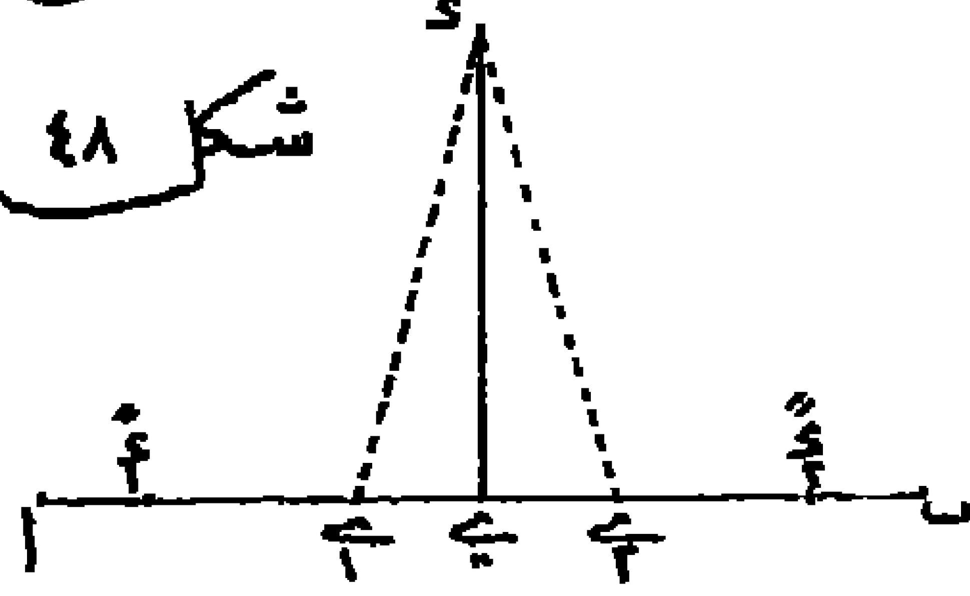
فحينئذ زاوية ا ح ب تكون مساوية ٢ × ٨٨ = ١٧٦ بدل أن تكون فى المثلث المضبوط ١٨٠° فنعلم نقطة ح على الارض باسقاط منتصف المثلث بواسطة خيط الرصاص ثم يدار المثلث بحيث تنظر نقطة ب مباشرة ويصير التقدم الى الامام والتأخر الى الخلف الى أن ترى نقطة ا بعد الانعكاس المضاعف على اتجاه نقطة ب فتحدد حينئذ نقطة ثانية لمحل المثلث مثل حَ (بحيث ان الزاوية احَب تكون ١٧٦° أيضا) وحينئذ فالنقطة ء التى توجد بالضبط الكلى فى منتصف ح حَ تكون هى نقطة من اتجاه ا ب

وعلى ذلك يمكن استعمال المثلث المختل بأخذ رصدتين فى كل دفعة كما فى مثلث المساح

بند ٤٦ ــ لتصليح خطأ الازدواج القائم يوضع المثلث فى نقطة ء (ويلزم استعمال خيط الرصاص لضبط وضع نقطتى ح و حَ ولوضع مركز الآلة بالضبط الكلى على

اتجاه الرأسى القائم من نقطة ى) ثم ينظر مباشرة لاحدى نقطتى ا و ب وتدار البريمة التى تحرك المرآة المتحركة الى أن ترى النقطة الثانية بعد الانعكاس المضاعف منطبقة على النقطة الاولى وبذا يتحقق أن المثلث مضبوط

وثانيا لتحقيق زاوية الازدواج ذى النصف قائمة يجرى العمل كما فى بـ ٤١ د بان ينزل عمود من نقطة ى على مستقيم ا ب أولا (شكل ٤٨) بالنظر الى النقطة ا ثم وضع المثلث على اتجاه خط ا ب الى أن يرى الشاخص ى بعد الانعكاس المضاعف منطبقا على نقطة ا وليكن المثلث فى الوضع ح١ فتكون زاوية ا ح١ ى



ضعف زاوية المرآتين ثم يدار المثلث نصف دورة وتعاد العملية ثانيا باستعمال نقطتى ب و ى فتحصل نقطة أخرى ح٢ بحيث ان الزاوية ب ح٢ ى تكون أيضا ضعف زاوية المرآتين وحينئذ فمستقيما ح١ ى و ح٢ ى هما خطان متساويا الميل بالنسبة للعمود فموقعه يوجد بالضبط فى نقطة ح التى هى وسط ح١ ح٢ وبناء عليه يستعمل المثلث المختل بعمل رصدتين وأخذ متوسطهما

ولتصليح الخطأ الذى يوجد فى الازدواج ذى النصف قائمة يوضع المثلث بحيث يكون مركزه على العمود القائم من نقطة ح ثم تدار بريمة المرآة المتحركة الى أن ترى الصورة بعد الانعكاس المزدوج لنقطة ى منطبقة على نقطة ا المرئية مباشرة ويعمل أيضا تحقيق آخر بالنسبة الى نقطة ب ومن الواضح أنه فى مثل هذه التحقيقات يستعمل دائما الخيط الرصاص لاسقاط مركز المثلث على الارض بالضبط

ملحوظة — عند استعمال هذا المثلث يلزم أخذ رصدتين فى كل دفعة وتعيين متوسطهما لاجل أن تكون الاشغال التى تجرى به مضبوطة جدا

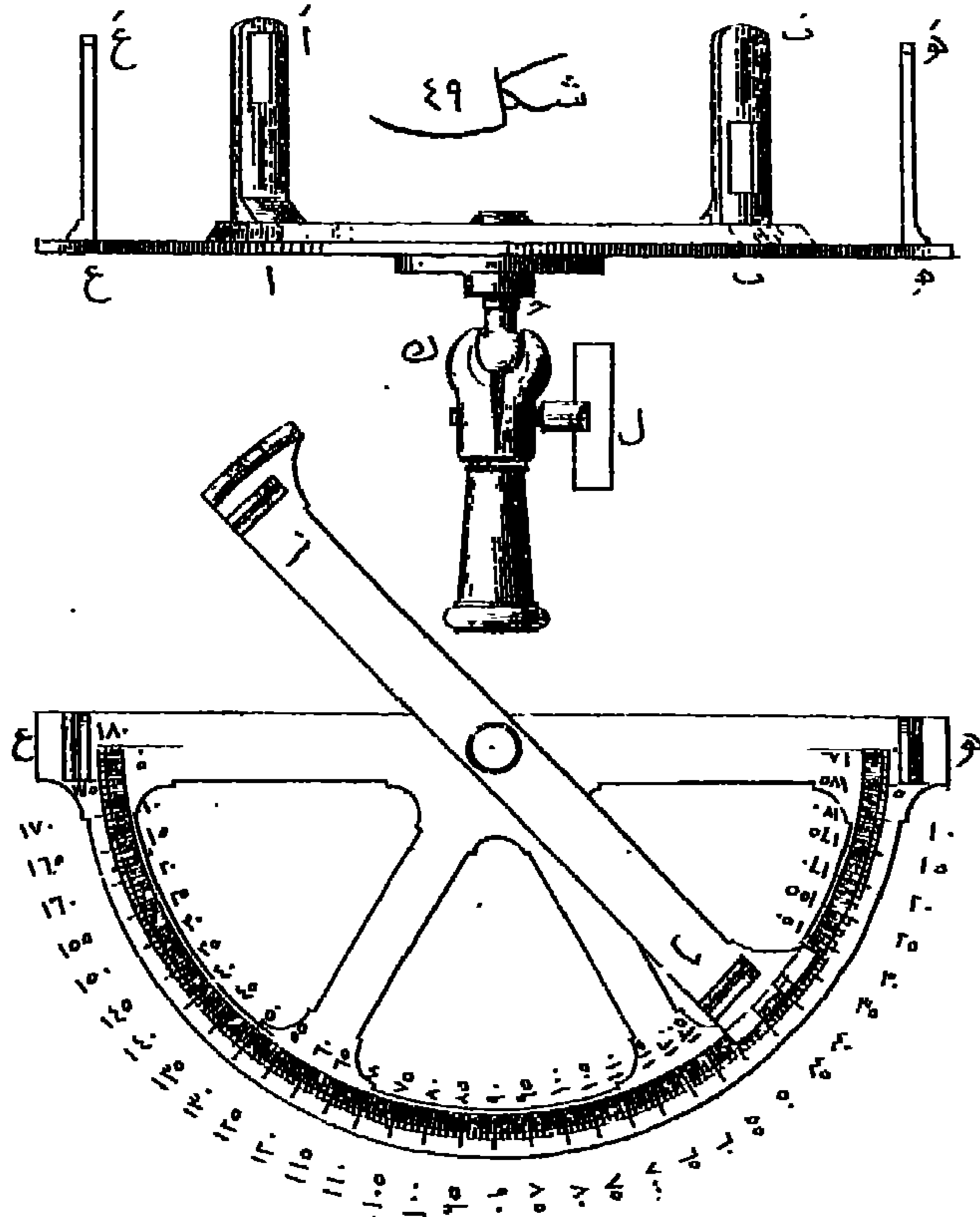
وليتنبه أيضا أن المثلث المذكور لا يفرق عن مثلث المساح الا بكونه لا يرسم خطا مائلا على آخر بزاوية قدرها ٤٥°

المبحث الثالث

فى الجرافومتر

بـ ٤٧ د ـ الجرافومتر هو احد الآلات المهمة الكثيرة الاستعمال لقياس الزوايا بالدرج وكسوره وهو يتركب من ثلاثة أجزاء أصلية الاول الحافة الثانى العضادتان الحاملة كل منهما شطيتين واحدى العضادتين متحركة حول مركز الحافة والاخرى ثابتة الثالث الركبة التى بواسطتها تثبت الآلة على أرجل ذات ثلاث شعب

فالحافة عبارة عن نصف دائرة من النحاس الاصفر قطرها من ٢٠ر٠ متر الى ٣٠ر٠ متر كما فى (شكل ٤٩) مقسمة الى درج وانصاف درج من تقاسيم محيط الدائرة والاعداد ترقم



عليها كما هو مبين بالشكل بحيث يمكن استعمالها حسب الارادة للعد من جهة اليمين

الى جهة اليسار و بالعكس والعضادة المتحركة هي مسطرة محمولة على قائم به يمكن دورانها حول مركز الدائرة وتنتهي بقوسين متحدى المركز مع الحافة وتحمل فى نهايتيها أ و ب شظيتين عموديتين على سطح المسطرة وكل من هاتين الشظيتين مثقوبة من وسطها بشرخ وشباك مستطيل به شعرة رفيعة فتوضع العين خلف شرخ احدى الشظيتين والشعرة الموجودة بالشباك المقابل له تستعمل لتحديد اتجاه الشعاع البصرى ثم ان أثر الشعاع البصرى المذكور يعلم على نهايتى قوسى العضادة نقطتين د و ىـ مميزتين بنمرة صفر (٠) وتعتبران مبدأ التقاسيم الورنية (وسيأتى الكلام عليها) وأحد هذين الصفرين هو الذى يقابل قسم الحافة الواقعة عليه العضادة وأما العضادة الثانية فلها شظيتان ع و هـ كشظيتى العضادة المتحركة وهى مثبتة بدون تغيير فى مستوى الحافة بحيث ان الشعاع البصرى المار بشرخ وشعرة شظيتيها يمر بصفر و ١٨٠° من الحافة

والركبة تتركب من الجزء العلوى لـ (شكل ٤٩) المار منه الساق حـ ل الرابط للعضادة المتحركة مع الحافة و ينتهى من جزئه الكروى الاسفل بمسمار مقلوظ ل لربط الآلة مع الركبة لـ بحيث انه عند ربطه يمكن ادارة الحافة والعضادة حول حـ ل وهذه الحركة تسمى بالحركة العمومية للآلة

فاذا كانت هذه الحركة سريعة جدا فيكفى ربط البرمة ل وان كانت بطيئة جدا فتفك هذه البرمة والجزء السفلى للركبة يتركب من جزئى التجويف الذى تدخل فيه كرة الركبة ويمكن تضييقه عليها أو توسيعه حسب الارادة بواسطة مسمار مقلوظ وأسفله الساق المجوف الذى يسمح لوضع الآلة على أرجلها

وفى بعض الآلات يوضع بالقرب من أسفل الساق المجوف مسمار برىمى يضغط الزنبلك لتثبيت الآلة على ساق الارجل

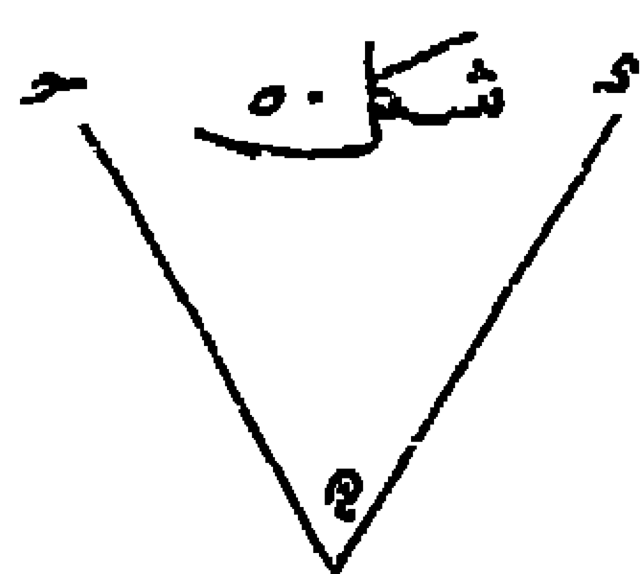
ثم انه يوجد داخل الحافة وأسفل مستويها ر وحا تسويه فى مستو مواز للحافة واتجاههما متعامدان ومن غلافيهما تظهر فقيعتا الهواء من وجهين متعامدين لسهولة استعمالهما فى وضع الحافة أفقية أو رأسية ويستعمل فى بعض الآلات ر وح تسوية كروية وعادة تثبت أسفل مستوى الحافة دائرة من البلاتين مقسمة الى درج ومثبت فى مركزها

حامل رأسي ترتكز عليه ابرة مغنطيسية بواسطة فص من عقيق لمنع الاحتكاك ثم ان الدائرة البلاتينية مغطاة بقرص من زجاج وتوجد رافعة لتثبيت الابرة أي منعها من الحركة عند اللزوم ومنفعة هذه الابرة مشروحة في مبحث البوصلة

(وضع الجرافومتر في نقطة الوضع وقياس الزاوية المحصورة بين اتجاهين)

(بـ ٤٨ د) ـ نقطة الوضع هي النقطة الارضية التي توضع فيها الآلة بشرط أن تكون أفقية ومركز الحافة والنقطة الارضية على خط واحد رأسي

فاذا أريد قياس زاوية ح ت ء (شكل ٥٠) يوضع الجرافومتر في رأسها ت بحيث تكون أرجله مفتوحة فتحا موافقا لاعطائه ارتفاعا مناسبا وتكون مغروسة في الارض أو مرتكزة عليها جيدا ثم تربط المسامير البرعية التي تجمع الارجل بساقها وذلك بعد جعل مركز الحافة أو محور الساق ونقطة ت على خط واحد رأسي بواسطة خيط الرصاص ثم تفك البرمة الرابطة لكرة الركبة وتوضع الحافة في المستوى المار بنقطتي ح و ء ويسهل ذلك بخفض البصر الى



حذاء مستوى الحافة ثم تميل الحافة باليد الى أن تمر الاشعة البصرية المماسة لمستويها بنقطتي ح و ء فحينئذ تربط البرمة المذكورة وفي هذه الحالة يقال ان الآلة موضوعة في نقطة الوضع ثم لقياس الزاوية يقال انه اذا استعمل الدرج المبتدئ من جهة اليمين الى جهة اليسار فتوجه العضادة الثابتة على النقطة التي جهة اليمين بتحريك عموم الآلة باليد بالحركة العمومية بحيث ان الحافة تكون على يمين الراصد

ثم يحقق وضع مستوى الحافة في المستوى المار بنقطتي ح و ء وينظر ثانيا بحيث تكون العضادة الثابتة أيضا متجهة على النقطة التي جهة اليمين ثم تحرك العضادة المتحركة الى ان يمر الشعاع البصري المار بشظيتيها بالنقطة التي جهة الشمال فالقوس المحصور بين صفر الحافة وصفر العضادة المتحركة يكون هو مقدار الزاوية بالضبط

وتجري العملية بالعكس باخذ التقاسيم المبتدأة من الشمال الى اليمين

ويلاحظ انه غالبا لا ينطبق صفر العضادة المتحركة على أحد تقاسيم الحافة وحينئذ

لا يقدر كسور الدرجة الا بالتقريب ولاجل تحديد المقدار الحقيقي يرسم على قوس العضادة المتحركة التقاسيم المعبر عنها (بالورنية) التي بواسطتها تقدر الكسور الصغيرة لاقسام الحافة وها نشرحها

(في الورنية)

بند ٤٩ ـ الورنية هي آلة بواسطتها تقدر الكسور الصغيرة جدا لاقسام الحافة مثلا اذا أخذنا على الحافة وعلى العضادة قوسين متساويي الطول ومتحدى المركز وفرضنا أن عدد الاقسام الموجودة في قوس الحافة هي ن ـ ١ وكل قسم منها مقداره ى ثم قسمنا قوس العضادة الى أقسام عددها ن وكان مقدار كل قسم منها ىَ حيث ان القوسين متساويان يكون من الواضح

$$\text{ى}\,(\text{ن} - ١) = \text{ىَ} \times \text{ن} \quad \text{ومنها}$$

$$\text{ىَ} = \frac{\text{ن} - ١}{\text{ن}}\,\text{ى} \quad \ldots\ldots \quad (١)$$

ثم باجراء عملية الضرب في المعادلة الاولى يحدث

$$\text{ى ن} - \text{ى} = \text{ىَ} \times \text{ن} \quad \text{أو}$$

$$\text{ن}\,(\text{ى} - \text{ىَ}) = \text{ى} \quad \text{أو}$$

$$\text{ى} - \text{ىَ} = \frac{\text{ى}}{\text{ن}} \quad \ldots\ldots \quad (٢)$$

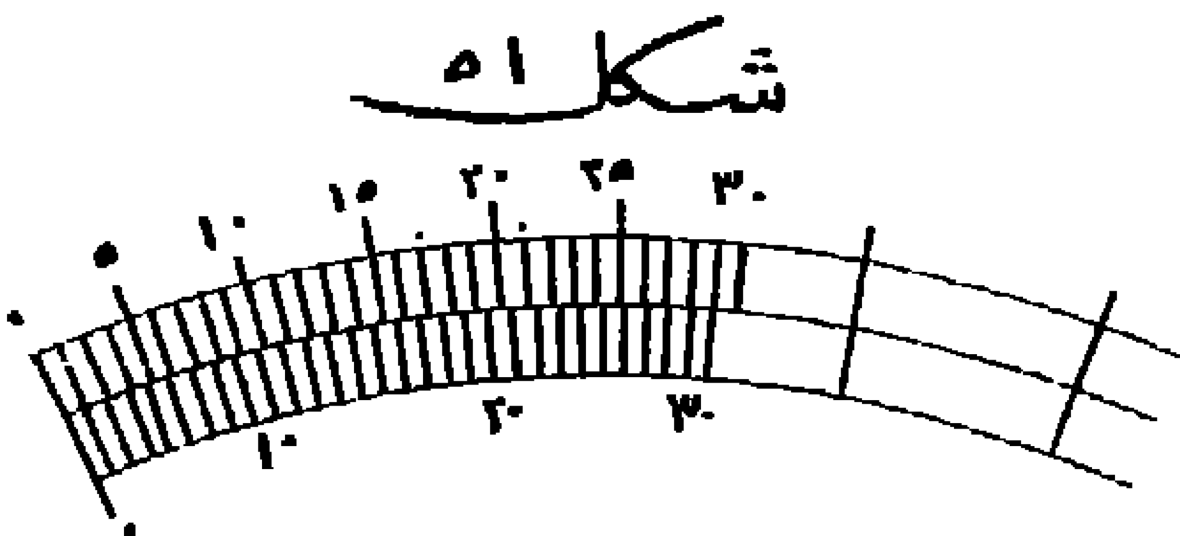
ومعادلة (٢) تبين أن الفرق بين أحد أقسام الحافة وأحد أقسام العضادة أو الورنية يساوي خارج قسمة أحد أقسام الحافة على عدد أقسام الورنية وحيث ان معادلة (٢) لا تتغير بضرب طرفيها في مقدار واحد يحدث

$$٢(\text{ى} - \text{ىَ}) = ٢\,\frac{\text{ى}}{\text{ن}} \quad \text{أو على العموم}$$

$$\text{ك}(\text{ى} - \text{ىَ}) = \text{ك}\,\frac{\text{ى}}{\text{ن}}$$

وكذا حيث ان تقسيم القوسين سار في جهة واحدة فتي تجاوز صفر الورنية أحد تقاسيم الحافة يكون تقدمه عنه مبينا بالكمية $\frac{\text{ى}}{\text{ن}}$ أو $\frac{٢\text{ى}}{\text{ن}}$ أو $\frac{٣\text{ى}}{\text{ن}}$ أو ... الخ على حسب ما يكون

فيه الاول أو الثانى أو الثالث أو الخ منطبقا على أحد تقاسيم الحافة لان القسم المنمر بنمرة ١ من الورنية يكون متأخرا جهة الشمال (شكل ٥١) عن المقابل له من الحافة بقدر د ـ دَ أو $\frac{د}{ن}$ والقسم نمرة ٢ متأخر عن المناظر له بقدر $\frac{٢د}{ن}$ وهكذا الغاية القسم نمرة ن من الورنية الذى يكون متأخرا بالمقدار



$\frac{ن د}{ن}$ د عن القسم الذى نمرته ن من أقسام الحافة ويتنج من ذلك انه اذا قدمنا الورنية بقدر $\frac{د}{ن}$ مرات صحيحة محصورة بين صفر و ن فيكون القصد من هذه الحركة هو أن يصل قسم الورنية الذى نمرته هذه المرات الصحيحة (أى معامل $\frac{د}{ن}$) الى المناظر له من أقسام الحافة وبالعكس اذا رؤى أن صفر الورنية متجاوز صفر الحافة بعدد مرات $\frac{د}{ن}$ فيكفى لمعرفة عدد هذه المرات أن يبحث عن رتبة القسم من الورنية الذى يكون منطبقا على المناظر له من الحافة فتكون رتبته هى عدد المرات

بـ ٥٠ د ـ ويستنتج من ذلك أنه يقتضى عند تقدير الزاوية أن يبحث عن قسم الورنية المنطبق على أحد تقاسيم الحافة وتضرب نمرته فى $\frac{د}{ن}$ و يضاف الناتج الى العدد الصحيح من الاقسام التى بينها صفر الورنية على الحافة فينتج مقدار الزاوية

و يتفق أنه لا يوجد قسم من الورنية منطبقا على أحد تقاسيم الحافة بان يكون قسم من الحافة مشتملا على قسمين من الورنية مثلا فتؤخذ القراءة المتوسطة بين قراءتى القسمين الداخلين فى قسم من أقسام الحافة وخطأ القراءة يكون حينئذ مبينا بمقدار $\frac{د}{٢ن}$ حيث ان $\frac{د-د}{٢} = \frac{د}{٢ن}$

بـ ٥١ د ـ ولنطبق هذه النظرية على الآلات الطبوغرافية فمثلا فى الجرافومتر طول القسم الواحد من أقسام الحافة يساوى نصف درجة او ٥٠َ على حسب التقسيم الجديد و ٣٠َ فى التقسيم القديم وتعمل الورنية بحيث يكون $\frac{د}{ن}$ مبينا العدد صحيح من الدقائق ولذا يجعل ن أحد قواسم ٥٠َ فى التقسيم الجديد أو ٣٠َ فى التقسيم القديم

مثلا اذا كانت الحافة مقسمة حسب التقسيم الجديد وكان   د = ٥٠′

فبجعل ن = ١٠   يكون   د − دَ = ٥٠′ / ١٠ = ٥′

وبجعل ن = ٥٠   يكون   د − دَ = ٥٠′ / ٥٠ = ١′

واذا كانت الحافة مقسمة حسب التقسيم القديم وكان   د = ٣٠′

فبجعل ن = ٥   يكون   د − دَ = ٣٠′ / ٥ = ٦′

وبجعل ن = ٣٠   يكون   د − دَ = ٣٠′ / ٣٠ = ١′

وعادة يكون ن = ١٠ أو ٢٥ فى التقسيم الجديد و يكون ن = ١٠ أو ١٥ أو ٣٠ فى التقسيم القديم

بند ٥٢ ـ وهاك بعض أمثلة لتوضيح معرفة استعمال الورنية

الاول ـ اذا كانت الورنية مشتملة على عشرة أقسام والحافة مقسمة الى أنصاف درج بحسب التقسيم الجديد وكان صفر الورنية واقعا بين ٤٠° و ٥٠′ ٤٠° وكان القسم الرابع من الورنية منطبقا على أحد تقاسيم الحافة فلمعرفة مقدار الزاوية المقيسة يقال انه بموجب (بند ٥١) يكون مقدار القسم الواحد من أقسام الورنية هو ٥′ وبملاحظة بند ٥٠ تكون الزاوية هى ٤٠° + ٥′ × ٤ = ٢٠′ ٤٠°

الثانى ـ اذا كانت الورنية مشتملة على ٢٥ قسما وكان صفرها واقعا بين ٩٨° و ٥٠′ ٩٨° وكان القسم الثانى عشر من الورنية منطبقا على أحد أقسام الحافة فالزاوية المطلوبة تكون هى   ٩٨° + ٢′ × ١٢ = ٢٤′ ٩٨°

الثالث ـ من السهل جدا جعل الورنية على مقدار زاوية معلومة مثلا اذا كانت الورنية مشتملة على خمسة وعشرين قسما والحافة مقسمة الى أنصاف درج بالتقسيم الجديد ويراد وضع صفر الورنية محددا زاوية قدرها ٨٦′ ٨٣° لذلك يلزم وضع صفر الورنية بين ٥٠′ ٨٣° و ٨٤° ويلزم أن يتعدى ٥٠′ ٨٣° بقدر ٣٦′ وحيث ان كل قسم من أقسام الورنية يكون محتويا على ٢′ فيكفى وضع الصفر بين

٥٠َ ٣ َ٨٣ْ و ٨٤ْ وتطبيق القسم الثامن عشر من أقسام الورنية على القسم الذى يقابله من أقسام الحافة

الرابع ـ اذا كانت الورنية مشتملة على ١٥ قسما وكانت الحافة منقسمة الى أنصاف درج بحسب التقسيم القديم وشوهد أن صفر الورنية واقع بين ٦٥ْ و ٣٠َ ٦٥ْ وكان القسم التاسع مثلا من أقسام الورنية منطبقا على أحد تقاسيم الحافة فيكون مقدار الزاوية هو ٦٥ْ + ٢َ×٩ = ١٨َ ٦٥ْ وقس على ذلك

(ملحوظات)

بـ ٥٣ـد ـ أولا ما ذكرناه فى (بـ ٤٨ـد) بخصوص قياس الزاوية الواقعة بين مستوى شيئين هو نادر فى الاشغال الطبوغرافية التى يقصد منها رسم المسقط الافقى يعنى أنه اذا قيست زاوية بين نقطتين يلزم بعد قياسها تحويلها الى الأفق بالطرق الهندسية ويمكن مباشرة اجراء ذلك بسهولة بواسطة روحى التسوية الموضوعتين على الحافة بأن يفك مسمار التحويف وتحرك الحافة باليد الى ان تصير فقيعة الهواء فى كل من روحى التسوية فى الوسط فوقتئذ تربط البرمة المذكورة وتقاس الزاوية الواقعة بين أى نقطتين كما سبق فى (بـ ٤٨ـد)

ثانيا ـ بما أن الجرافومتر معد أيضا لقياس الزوايا فى مستو رأسى فيسهل اجراء ذلك بفك مسمار تجويف الكرة كما سبق وتحريك الحافة لوضعها رأسية بواسطة فقيعة روح التسوية التى ينظر لها فى هذه الحالة من الجانب

وان لم يكن غلاف روح التسوية مفتوحا من الجنب فيسهل وضع الحافة رأسية بمرور خيط الشاقول عليها باليد الى أن تصير رأسية

ثالثا ـ لسهولة توجيه الخريطة المرسومة بالجرافومتر قد ثبت على الحافة بوصلة صغيرة بشرط أن الخط المار بصفر و ١٨٠ْ لحافتها يكون موازيا للعضادة الثابتة

رابعا ـ فى بعض الآلات توضع العضادة الثابتة أسفل الحافة بشروطها المتقدمة

خامسا ـ لزيادة ضبط التحرير بهذه الآلة تستعاض العضادة بنظارة لسهولة رؤية الاشياء من بعد يعنى أنه يكون بالجرافومتر نظارتان احداهما أسفل الحافة ثابتة

ومحورها البصري يمر بخط صفر و ١٨٠° منها ويمكن تحركها في مستو رأسي عند ما تكون الحافة أفقية والنظارة الثانية متحركة ولها قوسان كورنيتين بحيث ان المحور البصري للنظارة يمر بصفري الورنيتين و يمر بمركز الحافة وزيادة على ذلك فان النظارة المتحركة تصحب ببرمة بطء ومقراص له برمة ثبات يدور معها حول مركز الحافة و يستعمل لتثبيتها في محلها عند الاقتضاء

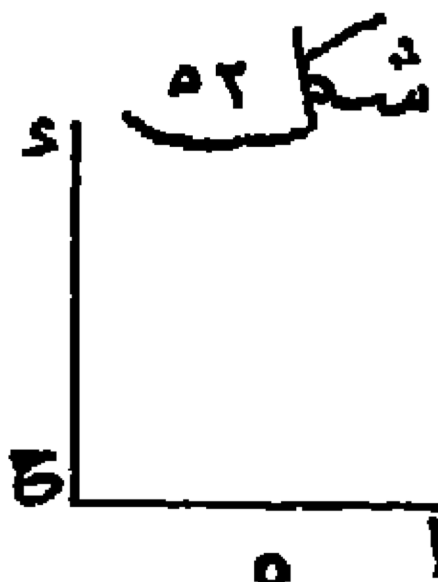
(تحقيق الجرافومتر)

بند ٥٤ ـ ينبغي قبل استعمال الجرافومتر أن يتحقق من توفر الشروط الآتية فيه وهي

أولا ـ يلزم أن يتحرك الشعاع البصري للأليداد المتحركة (نظارة كانت أو عضادة) حول مركز الحافة ولتحقيق هذا الشرط تحرك العضادة حركة دورية على الحافة فان كانت في جميع الاوضاع أقسام الحافة ملامسة لاقسام الورنية بدون انفصال كان الشرط محققا والا فاستعمال الجرافومتر عبثا حيث انه يكون سببا في خطأ متغير يحصل في المقروء

ثانيا ـ يلزم أن يكون الشعاع البصري للعضادة الثابتة مارا بخط ٠ و ١٨٠° من الحافة ولتحقيق هذا الشرط ينظر الى نقطة معلومة بكل من العضادتين فان كان صفر الورنية منطبقا على صفر الحافة يعلم ان الشرط موجود وبخلاف ذلك يكون هناك فرق ثابت يلزم اضافته أو طرحه من كل زاوية تقاس بالآلة

ففي الآلات التي عضادتها الثابتة أسفل الحافة يسهل اجراء هذا التحقيق أما في الآلات التي عضادتها الثابتة أعلى الحافة فيصعب بل يستحيل فيها النظر الى نقطة واحدة بكل من العضادتين في آن واحد وفي هذه الحالة يجري تحقيق الشرط المذكور كما سيأتي وهو أن ينظر الى نقطة ا مثلا (شكل ٥٢) بالعضادة الثابتة ثم توضع العضادة المتحركة على ٩٠° من الحافة و يوضع شاخص مثل د في اتجاه محورها البصري فالزاوية ا ح د تكون قائمة ثم تدار الآلة الى أن تأتي العضادة الثابتة على نقطة د فان مرت العضادة المتحركة بعد وضع صفر ورنيتها على ٩٠° بنقطة ا كان الشرط مستوفيا والا فبالآلة خطأ تحرير مساو للفرق بين صفر الورنية الثابتة و بين ٩٠°



شكل ٥٢

والاحسن ترك استعمال الآلة التي بها خطأ متى وجد خلافها أو تحريك شعرات عضادتها الثابتة الى أن يمر شعاعها البصري بالنقطة المارة بها العضادة المتحركة حال وضع صفر ورنيتها على صفر الحافة

المبحث الرابع

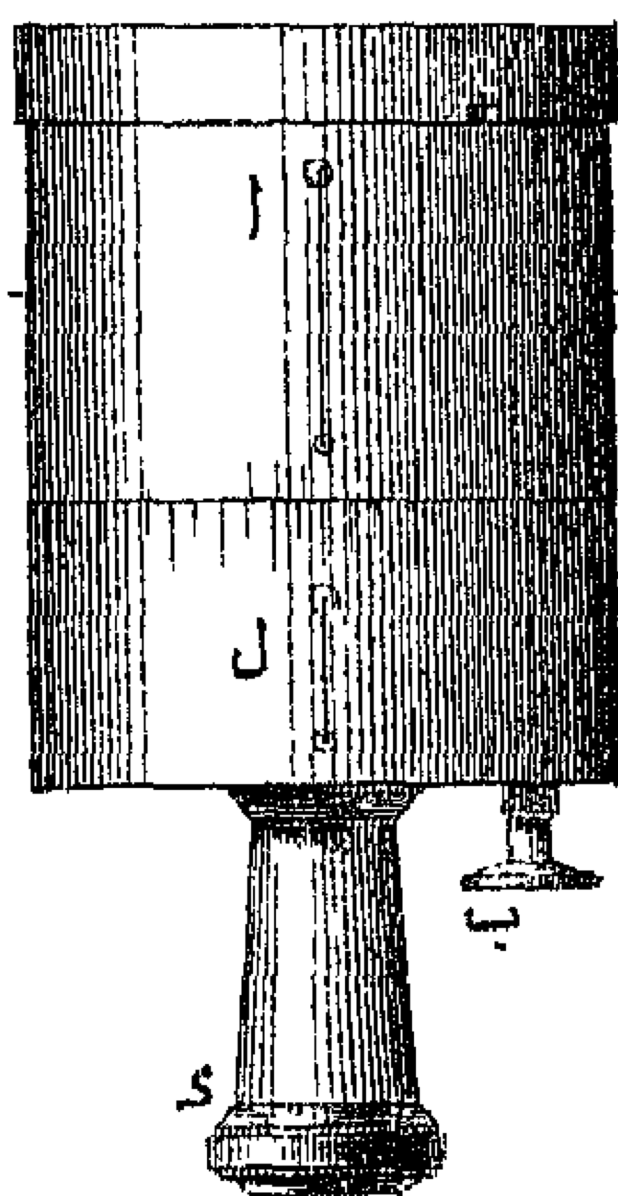
فى البنطومتر

يمكن أن يستعاض الجرافومتر مع الفائدة التامة بآلة أخرى صغيرة أبسط منه تسمى جونياسومتر أو جونيومتر أو بنطومتر وهى أسماء مختلفة لآلات مؤسسة على خاصية واحدة ينسب اختراعها الى موسيو فوكيير الملازم ثانى التلميذ بمدرسة المهندسين الحربية الفرنساوية فى سنة ١٨٢٣ ميلادية

(الوصف الاختصارى للبنطومتر)

بـ٥٥ـد – البنطومتر يتركب من أسطوانتين مجوفتين من النحاس الاصفر موضوعة احداهما فوق الاخرى قطرهما واحد يختلف من ٠٫٠٥ متر الى ٠٫٠٦ متر والاسطوانة السفلى ل (شكل ٥٣) يمكن وضعها على رجل ذات ثلاث شعب بواسطة ساق يجتمع مع ركبة ذات مقراص كما فى الجرافومتر أو تدخل مباشرة فى تجويف بريمى أسفل الاسطوانة المذكورة وهذه الاسطوانة مدرجة من نهايتها العليا مثل حافة الجرافومتر ويوجد بهذه الاسطوانة شرخ يقابله شباك به شعرة رأسية بحيث ان المستوى الرأسى المار بهما يمر بمحور الاسطوانة ويقطعها فى راسمين أحدهما هو المار بصفر الدرج والثانى هو المار بنمرة ١٨٠°

شكل ٥٣

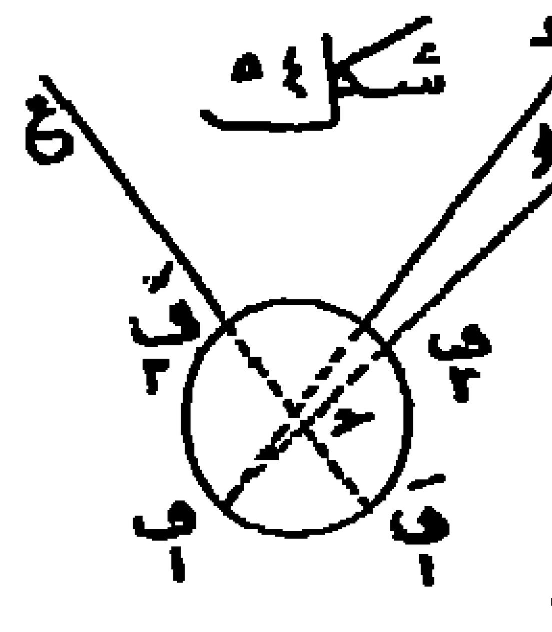


وأما الاسطوانة العليا ا فانها تدور حول المحور المشترك للاسطوانتين بواسطة مسمار (ب) معد لتحريكها بواسطة تعشيق طرسين مسننين داخل الاسطوانتين ثم ان الاسطوانة العليا هى المستعملة كعضادة وهى مثقوبة بأربعة شبابيك متقابلة

مثنى كشبابيك مثلث المساح والمستويان الرأسيان المار كل منهما بشباكين متقابلين عبران بمحور الاسطوانة و يتقاطعان عليه فى زوايا قائمة بحيث ان الاسطوانة العليا تستعمل وحدها كمثلث مساح و يوجد بهذه الاسطوانة ورنية واحيانا ورنيتان مضبوطتان متقابلتان بحيث يكون صفرهما فى المستوى الرأسى المار بشباكين متقابلين وتستعمل هاتان الورنيتان لقراءة الزاوية على حافة الاسطوانة السفلى

(قياس الزوايا بالبنطومتر)

بـ٥٦ـد — لقياس الزاوية الواقعة بين نقطتى د و ع (شكل ٥٤) يوضع البنطومتر فى رأس الزاوية و يجعل محور الاسطوانتين رأسيا و يحصل ذلك بتحريك أحدى شعب الرجل واستعمال خيط الشاقول أو بواسطة حركة الركبة ذات المقراص ان كانت موجودة مع استعمال روح تسوية كروية لزيادة الضبط مثل ق (شكل ٥٣) موضوعة فوق الاسطوانة العليا ثم تحرك الاسطوانة السفلى باليد الى أن يمر



الشعاع البصرى المار بشرخها والشعرة المقابلة له باحدى النقطتين ولتكن د مثلا ثم تدار الاسطوانة العليا باليد و بمسمارها الى أن يمر الشعاع البصرى المار بالشرخ والشعرة المقابلة له الحامل للورنية بالنقطة ع ثم تقرأ حينئذ الزاوية المطلوبة التى معيارها هو القوس الذى تحركت به الورنية على درج حافة الاسطوانة السفلى ومقدارها يكون مقربا من ٢َ فى الآلات المعتادة

(تحقيق البنطومتر)

بـ٥٧ـد — قبل استعمال البنطومتر يلزم أن تستكمل فيه الثلاثة شروط الآتية وهى

أولا — يلزم أن يتقاطع المستويان الماران بكل شرخ وشباك من الاسطوانة العليا على زاوية قائمة و يتحقق ذلك بمثل ما حصل فى مثلث المساح

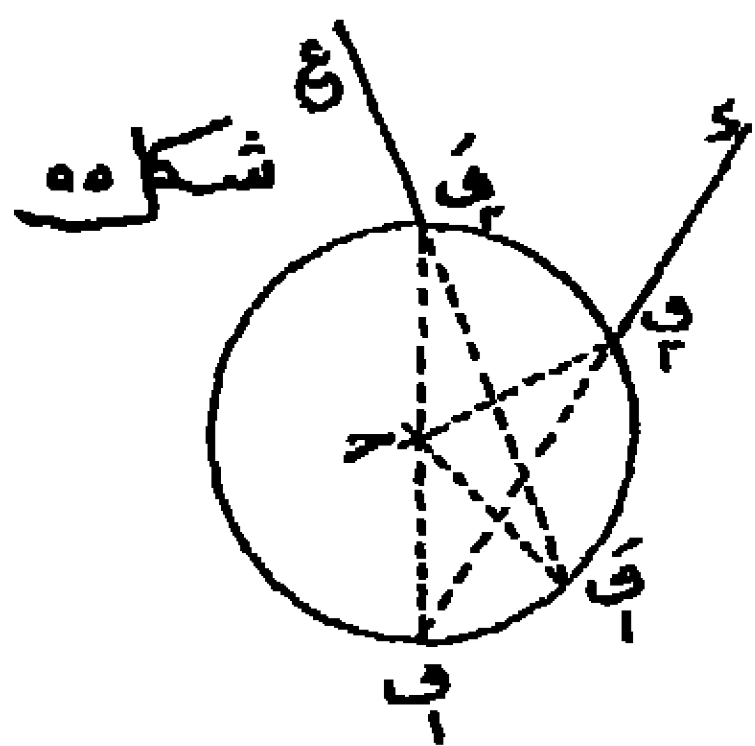
ثانيا — يلزم التحقق من أن العضادة تبين صفرا حينما يتجه على نقطة واحدة بكل من الشعاعين البصريين المار أحدهما بالشرخ وشعرة الشباك المقابل له من الاسطوانة العليا والآخر بالشرخ والشباك المقابل له من الاسطوانة السفلى

ولذلك يلزم تطبيق صفر الورنية على صفر الحافة بغاية الضبط بواسطة عدسة معظمة

ثم يوجه الشعاع المار بالشرخ والشعرة من الاسطوانة السفلى على شاخص رأسى آ أو على نقطة ظاهرة و ينظر للشعاع البصرى المار بالشرخ والشعرة المقابلة له من الاسطوانة العليا الكل من النقطتين بان ينظر أولا للنقطة الاولى ى (شكل ٥٤) عندما يكون صفر الورنيـة على صفر الحافة ثم ينظر من الاسطوانة السفلى و يثبت شاخص هـ على امتداد الشعاع البصرى لها وتحرك الاسطوانة العليا الى أن يمر شعاعها البصرى بالنقطة الثانية ع مع تحقيق مرور الشعاع البصرى السفلى بالشاخص هـ (لمعلومية عدم تحرك الاسطوانة السفلى) فالزاوية التى تبينها الورنية تكون هى المطلوبة

ثالثا - يلزم التحقق من عدم وجود خطأ مركزى بهـذه الآلة بمعنى ان الاسطوانة المتحركة تدور بالضبط حول مركز تقاسيم الحافة وبخلاف ذلك لا يكون مقياس الزاوية التى ترسمها العضادة هو القوس المحدد بالورنية

ولتحقيق هـذا الشرط يقال ان الآلات المصنوعة جيدا يكون بها ورنيتان متقابلتان بهـما يعرف الخطأ المركزى بسهولة ان كان موجودا ولذلك يلزم تطبيق صفر احـدى الورنيتين على أحد تقاسيم الحافة بالضبط الكلى بواسطة عدسة معظمة ثم يقرأ العدد الذى يبينه صفر الورنية الثانية فان كان فرق العـددين المبينين بالورنيتين مساويا ١٨٠° فى أوضاع مختلفة لهـما كان الشرط محققا لكن يمكن ان يوجـد بالآلة فرق ثابت واشارته تكون دائما واحـدة فى القراءتين المتقابلتين وفى هـذه الحالة يمكن اجراء أشغال مضبوطة بمثل هـذه الآلة لانه يعلم من (شكل ٥٥) أن الخط الواصل بين الورنيتين ف ف بدل ان يكون قطـرا فانه يكون وترا و يحـدد قوسا ثابتا على المحيط وهـذا لا يمنع العضادة من أن تكون فى المركز



وبالتبعية لذلك فرق القراآت على ورنيتيه فى الابتداء وفى الانتهاء يعطى معيارا مضبوطا للزاوية المرسومة بالشعاع البصرى بالذهاب من احـدى النقطتين للاخرى لان خطهما ف ف يدور بالحقيقة حول مركز تقاسيم

الدرج ح وتكون احدى الزوايا ف$_1$ ح ف$'_1$ أو ف$_2$ ح ف$'_2$ المرسومة باحدى الورنيتين زاوية ثابتة

وبالعكس الفرق الثابت بين القراءتين على الورنيتين ان كان تغيره تارة فى جهة وتارة فى أخرى فى حالة وجود خطأ مركزى فان خط الورنيتين ف$_1$ ف$_2$ يدور حول نقطة خلاف مركز التدريج وحينئذ فقياس الزاوية المرسومة بخط الورنيات لا يكون أحد القوسين ف$_1$ ف$'_1$ أو ف$_2$ ف$'_2$ بل نصف مجموعهما حيث ان رأسها يكون بين المركز والمحيط

ومن هذا يتضح انه يمكن استعمال آلة بها خطأ مركزى بشرط ان يكون بها ورنيتان ويتجنب الخطأ المركزى بأخذ متوسط القراءتين للورنيتين فى كل زاوية

وأما فى الآلات التى ليس بها الا ورنية واحدة فيعرف الخطأ المركزى بطريقة بسيطة سهلة وهى أنه بعد تطبيق صفر الورنية على صفر الحافة بالضبط يصنع حز رفيع بالسكين فى الاسطوانة المتحركة مقابلا بالضبط الى قطر 180° للحافة ويعمل التحقيق المتقدم باستعمال الحز كورنية أخرى وان لم تكن الآلة محققة فاستعمالها عبث حيث لا يعلم متوسط القراءتين بالضبط

(ضبط القياسات بالبنطومتر)

بند ٥٨ ـ متى كان البنطومتر مصنوعا جيدا فانه يعطى مقادير الزوايا مقربة من خمس دقائق لكن اذا أضيفت اليه التدقيقات الزائدة بتعويض النظر من الشباك بالنظر بواسطة نظارة وتصليح وقوفه رأسيا بواسطة ارتكازه على قاعدة مثلثية بها ثلاث برم ثبات وروحا تسوية وتثبيت بوصلة فوقه واضافة جزء من دائرة رأسية اليه تتحرك عليها ورنية تبعا لتحريك النظارة فانه يكون مستعدا لاجراء كافة الاشغال التى تعمل بالجرافومتر بالدقة الزائدة الا انه بهذا التركيب يلاحظ علاوة على الثلاثة شروط المقررة فى (بند ٥٧) الشروط الآتية أيضا

أولا ـ انه عندما يكون صفر الورنية منطبقا على صفر الحافة يلزم أن يكون كل من المحور البصرى للنظارة والشعاع البصرى المار بالشرخ والشباك من الاسطوانة العليا

والشعاع البصري للشرخ والشباك من الاسطوانة السفلى في مستو واحد رأسى وتحقيق ذلك كتحقيق الشرط الثاني من (بند ٥٧)

ثانيا ـ ان خط صفر و ١٨٠° لحافة البوصلة يكون في المستوى الرأسي المار بمحور النظارة وصفر الورنية

ثالثا ـ اذا جعل محور الاسطوانة رأسيا و وضع صفر الورنية على صفر الحافة الرأسية يكون محور النظارة أفقيا

بند ٥٩ ـ يمكن تغيير شكل وأبعاد البنطومتر الا انه يلاحظ بعد أن تكون الآلة خفيفة تؤول الى ما يسمى بالتيودوليت الذي هو آلة عظيمة وبه تقدر الزوايا مقربة من نصف دقيقة وأحيانا من بعض ثوان

المبحث الخامس

في البوصلة واستعمالها

بند ٦٠ ـ كل ابرة ممغطسة معلقة من مركز ثقلها تعليقا مطلقا فانها تهتدى الى اتجاه مخصوص ثابت تسكن فيه بعد عدة اهتزازات والمستوى الرأسي المار بهذا الاتجاه الثابت يسمى المستوى الجانبي المغناطيسي وأثره على الأفق يسمى الخط الجانبي المغناطيسي والزاوية التي يصنعها هذا الخط مع خط الزوال الحقيقي للمحل تسمى انحراف الابرة المغناطيسية عن خط الزوال وقد يكون الانحراف شرقيا أو غربيا تبعا لكون السن الشمالي للابرة (وهو الملون باللون الازرق) متجها شرقا أو غربا من خط الزوال الحقيقي ومتى كانت الابرة المغناطيسية متزنة فان أحد طرفيها ينخفض الى أسفل بزاوية تسمى ميل الابرة المغناطيسية وفي البوصلة الطبوغرافية يعدم هذا الميل بتعليق الابرة من نقطة خلاف مركز ثقلها الحقيقي لتكون متزنة أو بعربا المبرد على الوجه الاسفل من طرفها المنخفض أو تلصق قطعة شمع تحت طرفها المرتفع

واتجاه الخط الجانبي المغناطيسي متغير ونتائج الاعمال تثبت أن انحراف الابرة لقلته جدا لا يؤثر في استمرارها عدة أشهر متوالية ولا في التنقل في النقط الارضية المتباعدة عن بعضها ببعض كيلومترات مربعة ويمكننا أن نقول ان الابرة المغناطيسية تبقى موازية لنفسها في أي موضع كان ويحكم عداوتها على هذا الاتجاه المؤسس عليه استعمال

البوصلة في الاعمال الطبوغرافية ومما يؤكد ضعف تغيرات انحراف البوصلة أنه شوهد في باريس سنة ١٥٨٠ أن انحراف الابرة عن خط الزوال كان ٣٠َ ١١ْ شرقا ثم أخذ في التناقص من هذا الزمن الى أن صار معدوما في سنة ١٦٦٣ ثم أخذ في التزايد نحو الغرب ووصل نهايته العظمى في سنة ١٨٢٠ وكان مقداره ٣٠َ ٢٢ْ غربا ثم في سنة ١٨٨١ في بلدة فونتين بلو وصل الى ١٦ْ غربا وان الانحراف كان في مصر سنة ١٢٧٠ هجرية يبلغ ٨ْ نحو الغرب وفي سنة ١٢٩٠ لم يصل الا ٣٠َ ٥ْ تقريبا

وقبل استعمال البوصلة نذكر تغيراتها اليومية فنقول

ان هذه التغيرات تؤثر على ضبط رسم الخريطة بواسطة البوصلة ويمكن ان تصل هذه التغيرات الى ٢َ فأكثر فمن الساعة ٧ أو ٨ قبل الظهر الى الساعة واحدة بعد الظهر يكون التغير نهاية صغرى ويكون من ٥َ الى ٦َ ومن الساعة واحدة بعد الظهر الى الساعة ٩ يصل من ٢٠َ الى ٢٥َ الى ٣٠َ ويكون في نهايته العظمى لانه عند شروق الشمس تتحرك الابرة المغطسة وسنها الشمالي يسير نحو الغرب لغاية الساعة واحدة بعد الظهر وهو الوقت الذي تكون فيه التغيرات الغربية في نهايتها العظمى ثم تتحرك الى جهة الشرق لغاية الساعة ٩ أو ١٠ بعد الزوال ومن هذا الوقت تبقى ثابتة تقريبا مدة الليل وهذه الزاوية تتغير من يوم الى آخر وتكون في مدة الصيف كبيرة عن مدة الشتاء وتزداد بالقرب من القطبين وتنقص بالقرب من خط الاستواء

ولاجل اهمال هذه التغيرات يبتدأ في العمل بالبوصلة من الساعة ١١ قبل الظهر لغاية الساعة ٣ أو ٤ بعد الظهر لان في هذا الوقت تكون التغيرات محصورة ما بين ٣َ أو ٤َ وهو تغير يمكن صرف النظر عنه بدون خطا محسوس

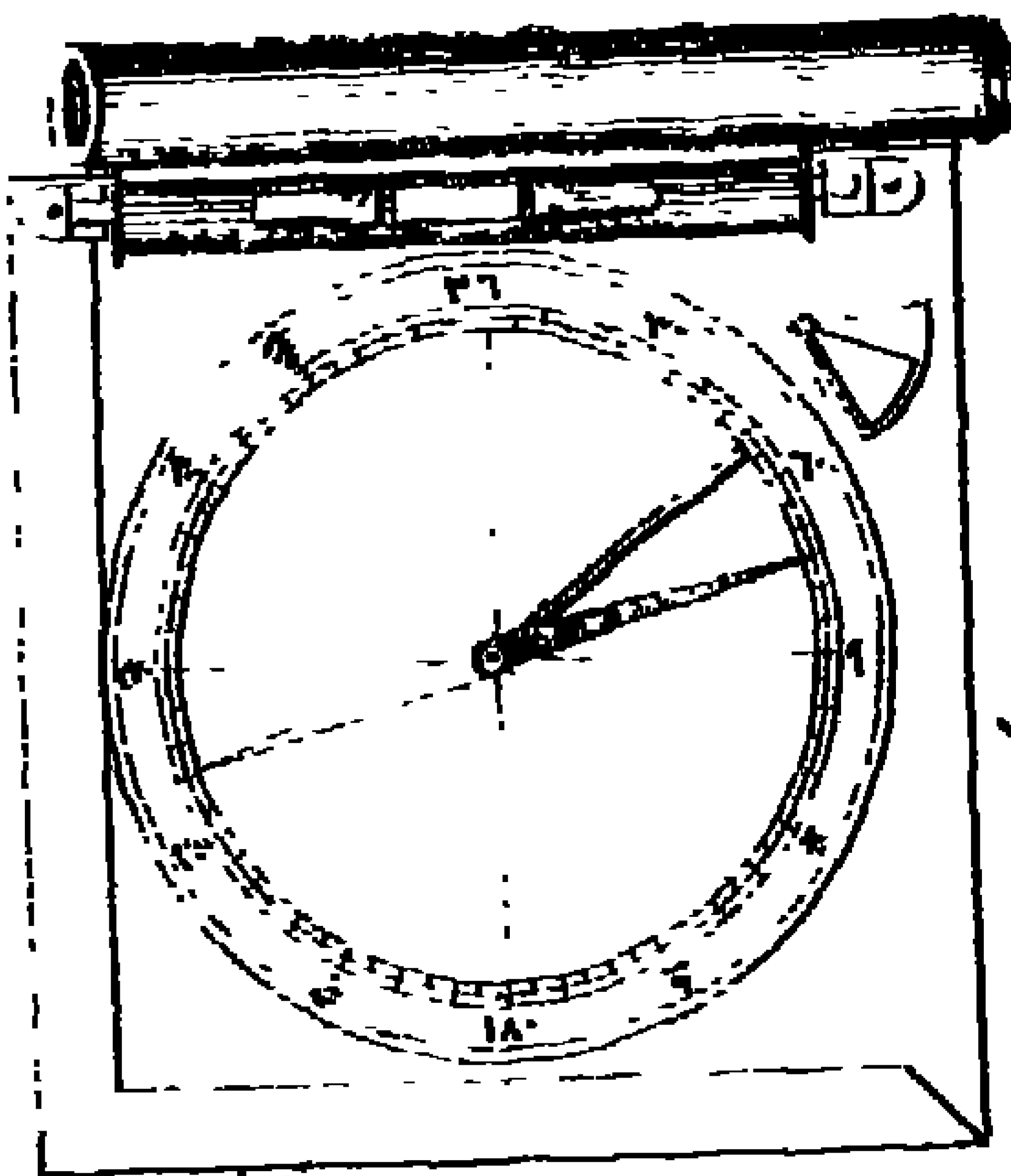
بند ٦١ — حيث ان أصناف البوصلة متعددة فنشرح تركيب الآلة المستعملة بكثرة وهي تتركب من ابرة ممغطسة من الفولاذ مرتكزة على حامل رأسي مثبت في مركز دائرة سطحها مطلي بالبلاتين مقسمة الى ٣٦٠ْ حسب التقسيم القديم أو ٤٠٠ْ حسب التقسيم الجديد وأحيانا تقسم الى أنصاف درج وتدريجها يرقم على الحافة من جهة

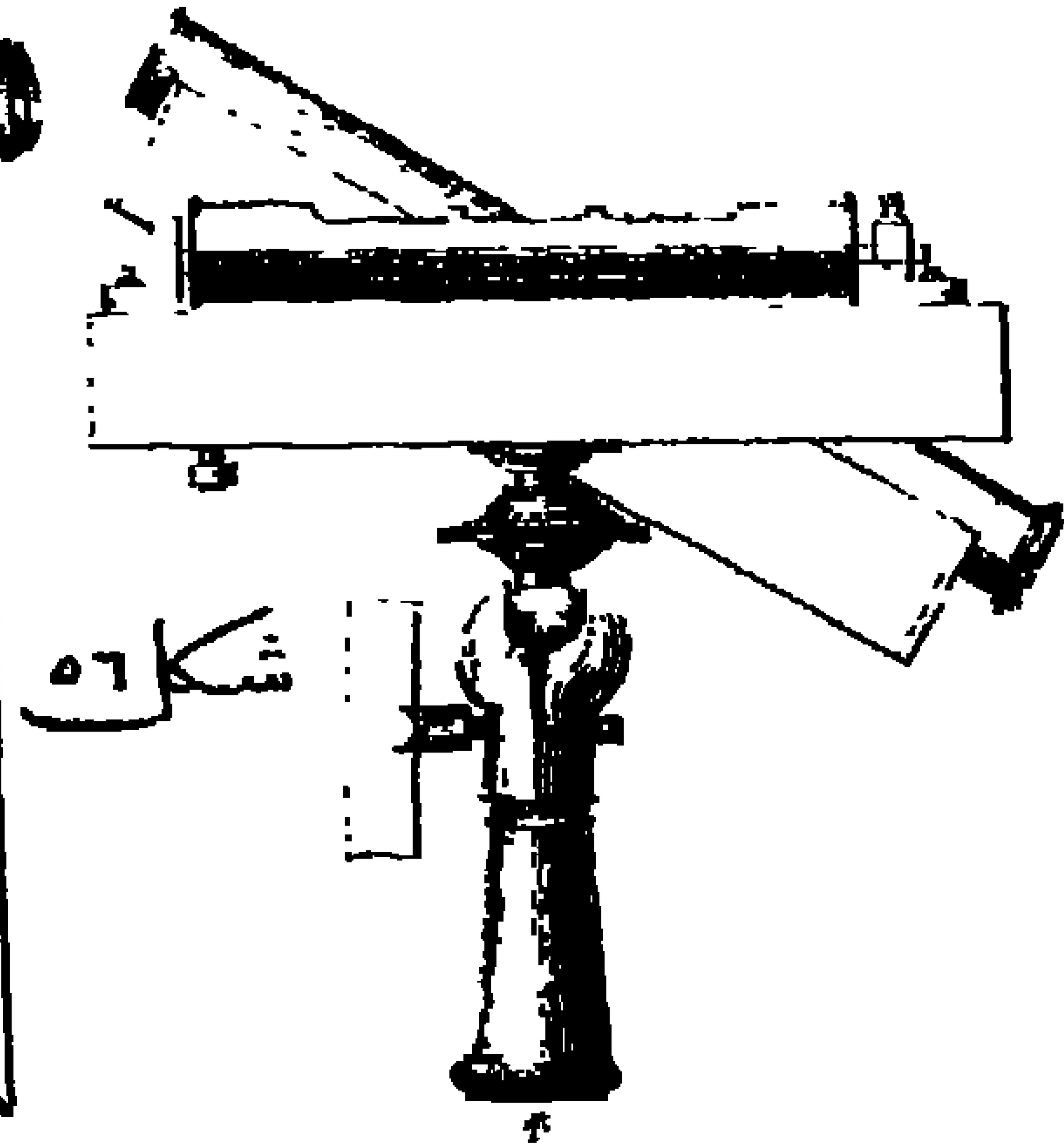
الشمال الى جهة اليمين وتمر الابرة المذكورة بطرفيها على الحافة بدون تماس محسوس
ويقل الاحتكاك الذى يحدث من دوران الابرة حول الحامل الرأسى بارتكازها عليه
بواسطة فص من العقيق مثبت فى وسطها ثم ان الابرة المذكورة ملونة بلونين أحدهما
أزرق ويدل على اتجاه القطب الشمالى المغناطيسى والآخر أبيض ويدل على اتجاه
القطب الجنوبى المغناطيسى والابرة المذكورة مع الحافة موضوعة داخل صندوق
مغطى بلوح من زجاج يحبس بواسطة شنبر أو حلقة معدنية وهذا يعد غطاء أول خلاف
غطاء من الخشب يرفع وقت العمل ثم انه يوجد أسفل الابرة وفى قاع الصندوق رافعة
متى رفعت بواسطة مسمار مثبت فى أحد أركان الصندوق من أعلى فان الابرة تثبت
ومتى خفضت تكون مطلقة الحركة على حاملها وأيضا فان الحافة تتحرك حركة رحوية
بواسطة طرس مسنن أسفلها يتحرك بواسطة مسمار يظهر من أسفل الصندوق وبالجملة
فيثبت على الوجه العلوى للصندوق روح تسوية واحدة وأحيانا اثنتان متعامدتان
لاجل وضع الحافة أفقية وقت العمل كما انه يوجد عضادة أو نظارة مثبتة بجانب
الصندوق المذكور بواسطة محور أفقى بحيث ان المحور البصرى للعضادة أو النظارة
يتحرك فى مستو عمودى على المحور الافقى المذكور ويوازى للقطر المار بصفر و ١٨٠°
وأحيانا يثبت فى طرف العضادة ورنيتان تتحركان على قوسين من دائرة رأسية مركزها
على المحور الافقى المذكور وهذان القوسان مثبتان فى جانب الصندوق وفائدتهما
تعيين زوايا الميل وأيضا فيثبت فى وسط الصندوق من أسفل ركبة منتهية بمخروط ناقص
مجوف أشبه بركبة الجرافومتر لاجل وضع الآلة على أرجل ذات ثلاث شعب والركبة
تسمح لتحريك الصندوق حركة رحوية فى مستو أفقى و (شكل ٥٦) يوضح بغاية الايجاز
أجزاء البوصلة الطبوغرافية

ويوضع محور الآلة رأسيا بالنظر ويستدل على كونه رأسيا والحافة أفقية بجعل الابرة
مماسة للحافة فى مستويها والاوفق وضع الحافة أفقية بواسطة روح التسوية المثبتة
أعلى الصندوق

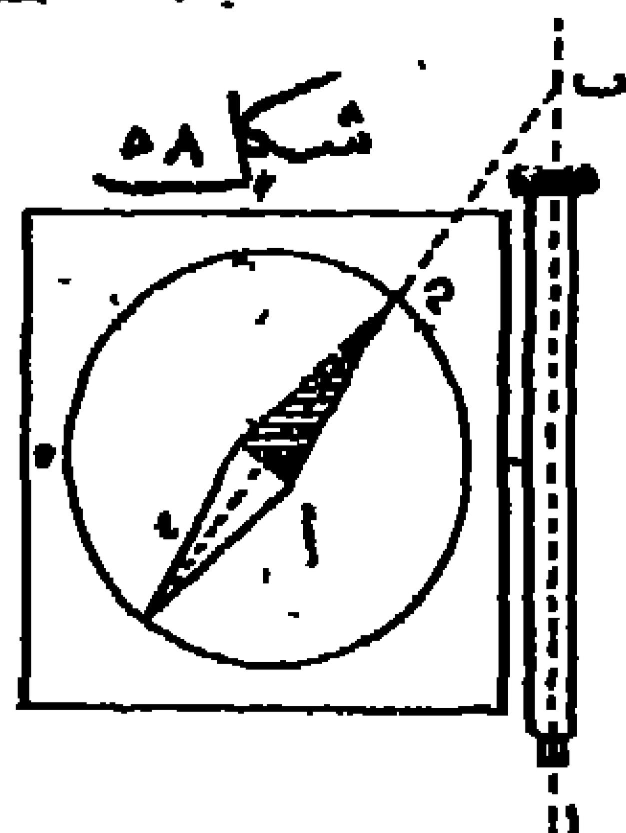
وبواسطة هذه الآلة يمكن قياس الزوايا الواقعة بين أضلاع الشكل أو بين كل ضلع منه
واتجاه ثابت هو الخط الجانبى المغناطيسى

بـ ٦٢ د ــ قياس الزوايا ــ اذا كانت العضادة أو النظارة في يمين البوصلة بحيث ان محورها البصري موازٍ لقطر الحافة المار بصفر و ١٨٠° فالنقطة المرصودة بالنظارة تكون في المستوى الجانبي المغناطيسي متى كانت الابرة على هذا القطر (شكل ٥٧) فاذا أدرنا الآلة بحيث ان الشعاع البصري يصنع مع الخط المغناطيسي زاوية قدرها

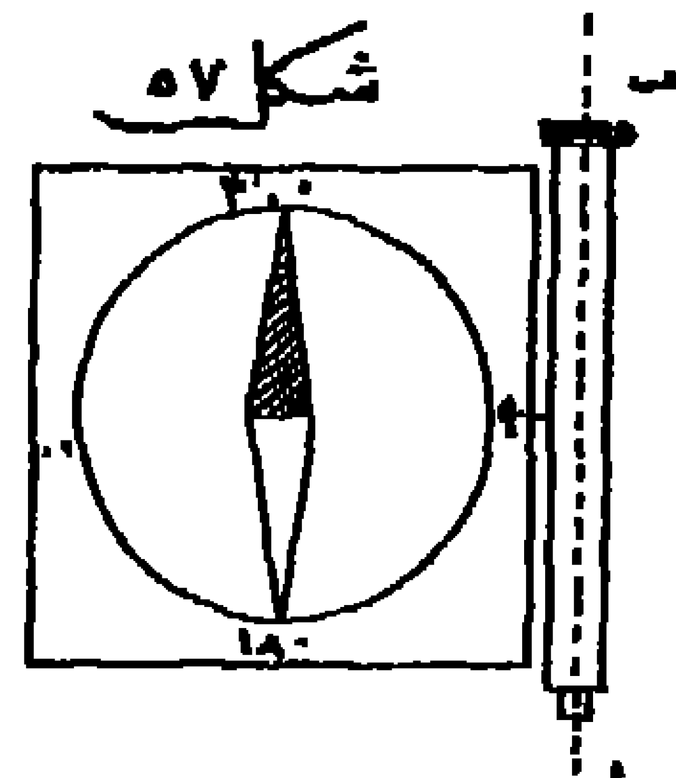




شكل ٥٦



شكل ٥٨

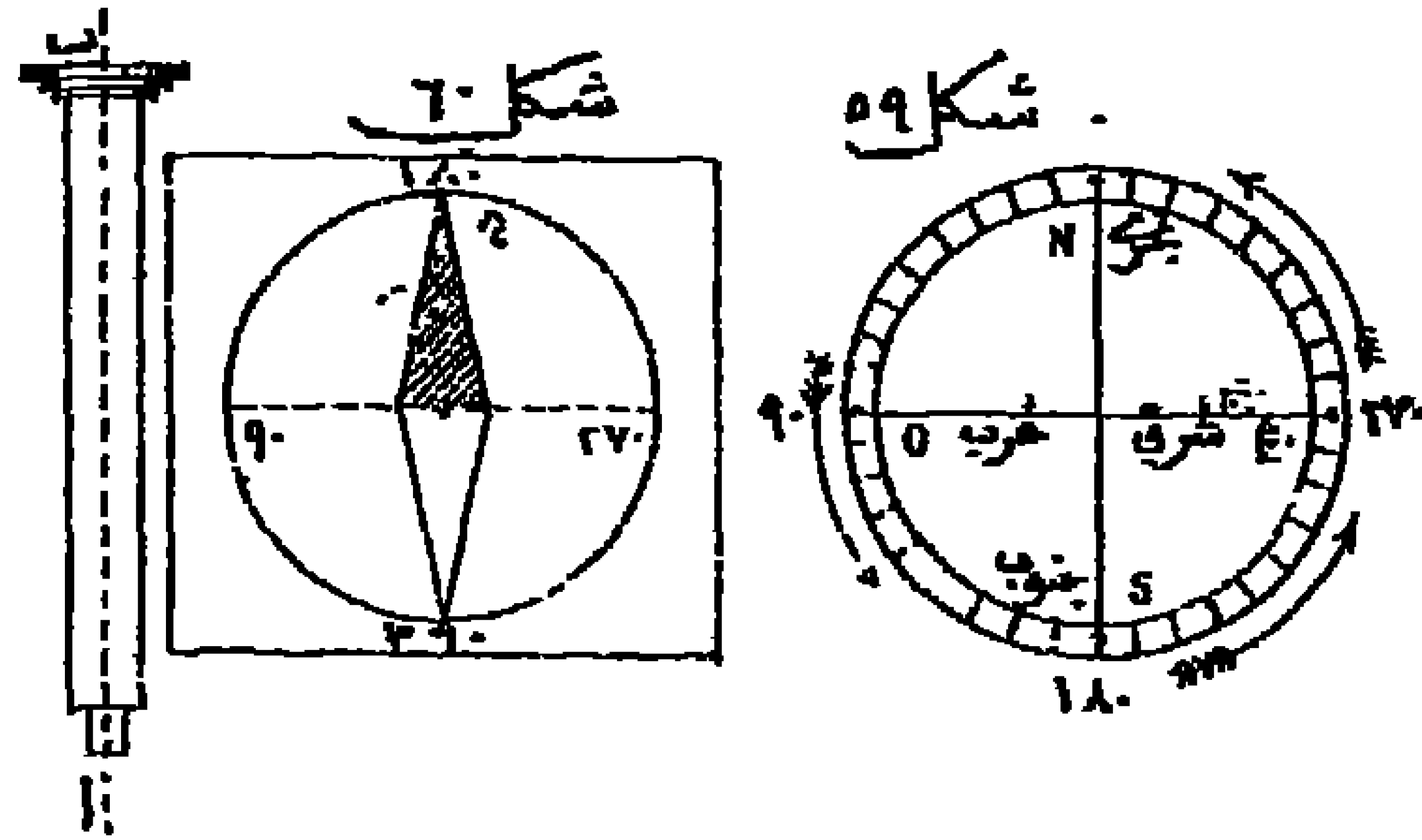


شكل ٥٧

١٢٠° أو ٤٠° أو الخ جهة الشمال فقطر صفر و ١٨٠° الموازي للشعاع البصري يدور بقدر هذه الزاوية والابرة المغناطيسية تبقى ثابتة وتقرأ الزاوية التي دار بها محور النظارة على القطب الشمالي (شكل ٥٨) من صفر الى ٣٦٠°

بـ ٦٣ د ــ زوايا الانحراف ــ الزوايا المتحصلة بين الاتجاهات المختلفة للأشعة البصرية وبين الاتجاه المغناطيسي تسمى زوايا الانحراف بالنسبة لهذه الاتجاهات وتعد دائما من ٠° الى ٣٦٠° بالابتداء من جهة الشمال نحو الغرب الى الجنوب نحو الشرق كما يتضح من (شكل ٥٩)

ولنفرض ان البوصلة موفية لكافة الشروط اللازمة لاستعمالها التي سنذكرها فيما بعد مع كافة الاحتراسات المقتضية



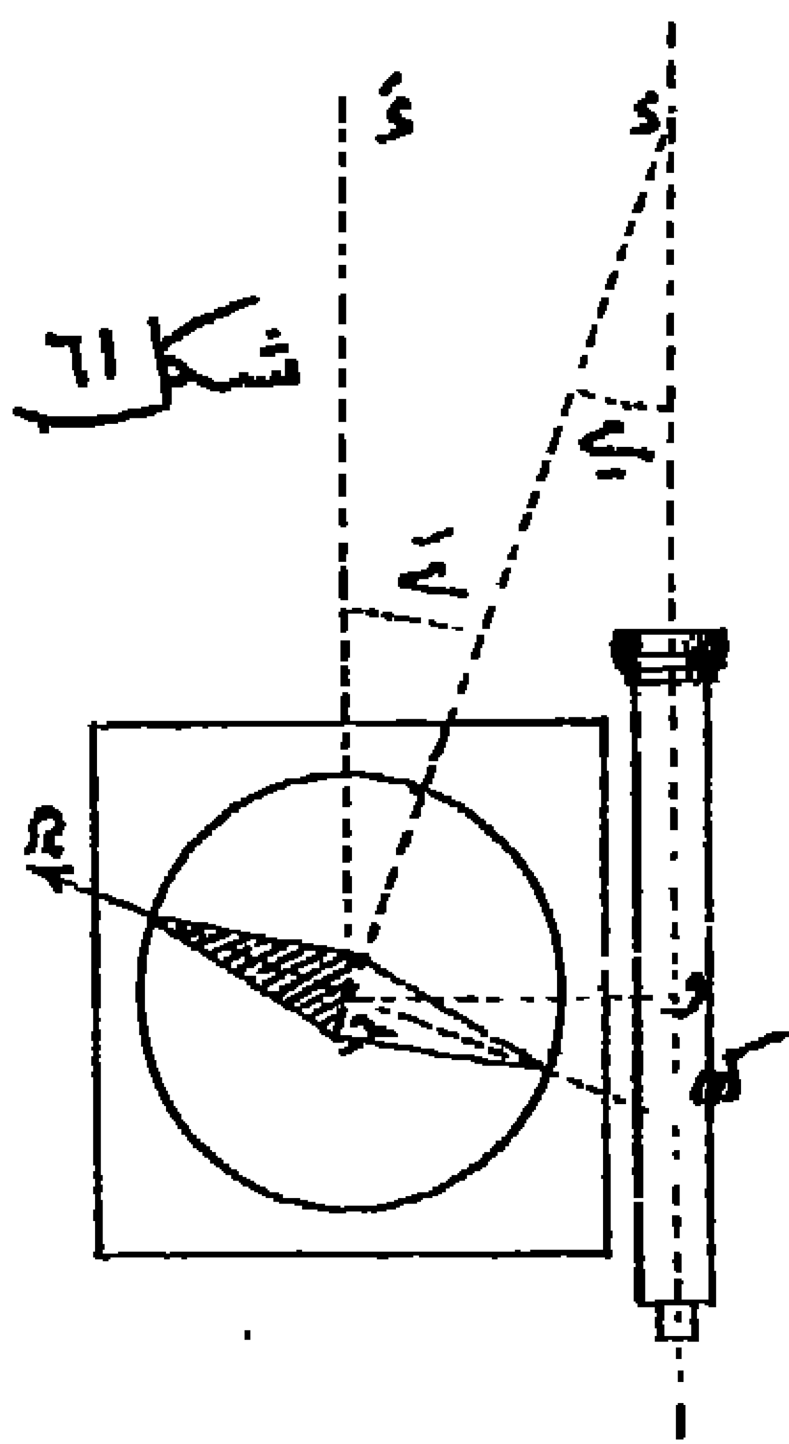
بند ٦٤ – قياس زوايا الانحراف – أولا – اذا كانت العضادة أو النظارة على يمين البوصلة فلقياس زاوية الانحراف لضلع من أضلاع الخريطة مثل أ ب (شكل ٥٨) يوضع محور الآلة على الرأسي القائم من نقطة أ بواسطة خيط الرصاص أو باسقاط قطعة حجر اسقاطا مطلقا من أسفل مركز الساق الجامع للارجل ثم توضع الآلة بحيث يكون محورها رأسيا بحركة الركبة وبعد ذلك ينظر الى نقطة ب مع بقاء العضادة أو النظارة على يمين البوصلة فالزاوية ح التي تقرأ على الحافة بالقطب الشمالي للابرة تكون هي مقدار زاوية الانحراف المطلوبة

ثانيا – اذا كانت العضادة أو النظارة على شمال البوصلة (شكل ٦٠) فيرى ان السن الجنوبي يبين ° والشمالي يبين ١٨٠° ومقادير الانحرافات تقرأ حينئذ باضافة دوران البوصلة من اليمين الى الشمال كما قلنا والقراءة في هذه الحالة على القطب الجنوبي تكون هي الانحرافات الحقيقية معدودة بالابتداء من الشمال وأما القراءة على القطب الشمالي فتختلف عن حقيقة الانحراف بقدر ١٨٠° سواء كان بالزيادة أو بالنقص تبعا للمقادير الانحراف بفرض ان الابرة تكون دائما قطر الحافة المقسمة كما سنبينه فيما بعد

بند ٦٥ – سواء كانت النظارة يمينا أو يسارا فالقراءة تكون على القطب الشمالي للابرة مع تصليح ١٨٠° كما سبق الا انه يحتمل حصول خطأ في القراءة أحيانا على قطب وأحيانا على آخر حيث انه في الغالب يحصل سهو في معرفة الزوايا اللازم تصليحها باضافة ١٨٠° اليها أو طرحها منها وحينئذ فلتجنب الخطأ الذي يحدث يلزم وضع العضادة

أو النظارة دائماً على يمين الآلة فمع قراءة زوايا الانحراف دائماً على القطب الشمالى للابرة ولتجنب الخطأ الذى يحدث فى أرقام القراءة يلزم ان يقف الراصد فى المستوى الرأسى المار بمحور الابرة بحيث يكون القطب الجنوبى جهته لتكون الارقام التى تقرأ من جهة كتابتها وترى الاعداد بحالتها المعتادة أعنى بالذهاب من شمالها الى يمينها لانه اذا كان الراصد واقفا فى جهة عكسية فيرى الارقام مقلوبة وان كانت الابرة مجاورة لحز رقم مثل ١٢٨° المتباعد عن ١٣٠° بجزين فيمكن ان يقرأ الراصد ١٣٢° حيث انه يحتمل حصول سهو فى نسبته الى ١٢٠° ويفرض بالظن ان الارقام من جهة شماله الى يمينه كما هى العادة وهذا الخطأ يلزم الانتباه الزائد اليه

بند ٦٦ — بيان الخطأ الناشئ من عدم وجود محور العضادة أو النظارة فى مركز الآلة * فى أعمال البوصلة التى ذكرناها لم نراع وضع مركز المستوى النظرى على الرأسى القائم من رأس الزاوية بل وضعنا مركز الآلة على هذا الرأسى وحينئذ اذا فرض فى (شكل ٦١) أن ح مركز الوضع و ح ق الخط المغناطيسى المبين بالاتجاه الثابت للابرة الممغطسة و ح و محور دوران النظارة و ى هو الشئ الذى يراد النظر اليه فزاوية الانحراف التى تقدرها البوصلة تكون هى ق ك ى أو ق ح ى' مع ان الزاوية الحقيقية هى ق ح ى وتكون زاوية الفرق ى ح ى' المرموز لها بحرف ε هى الخطأ الحادث أعنى ان كل زاوية تبين على الآلة يلزم ان يضاف لها هذا الخطأ



ويمكن تقدير هذا الخطأ بملاحظة ان المثلث ح و ى قائم الزاوية ومنه يحدث

$$جا ε = \frac{ح و}{ح ى}$$

ويرى ان الزاوية ε هى دائماً صغيرة جداً حيث ان جيبها مقدار بكسر بسطه هو بعد مركز الحافة عن مركز دوران النظارة (وهو بعد صغير جداً) ومقامه (كبير جداً) هو:

بعد مركز الآلة عن النقطة التي ينظر اليها فهذا الخطأ الزاوى يصغر كلما بعدت النقطة المرصودة

مثلا اذا فرض ان ح و = ١٠ ر ٠ متر وهو الغالب فى معظم الآلات فالخطأ الزاوى ـ لنقطة متباعدة عن الآلة ببعد ٦٠ مترا يكون أقل من ست دقائق وهى كمية قليلة جدا حيث انه لا يمكن قراءتها على الآلة

٦٧ — بند قياس الزاوية الواقعة بين شيئين بواسطة البوصلة — لذلك نضع البوصلة فى رأس الزاوية ونوجه العضادة على كل من الشيئين على التوالى ونقرأ زاوية انحراف كل من هذين الاتجاهين ونطرح زاويتا الانحرافين من بعضهما فالناتج يكون هو مقدار الزاوية الواقعة بين الاتجاهين ولكن يلاحظ أن هذه الزاوية لا تكون حقيقة هى الزاوية الواقعة بين الشيئين ما لم يكونا متباعدين ببعد واحد عن مركز الآلة لانه اذا فرض ان ى م و (شكل ٦٢) هما النقطتان المرصودتان فالزاويتان الحقيقيتان بالنسبة لمركز الآلة هما ن ح ى و ن ح م والتى تبينهما البوصلة بالتعاقب هما ن ل ى و ن ك م والزاوية المطلوبة أى الزاوية الواقعة بين الاتجاهين تكون هى ن ح ى — ن ح م أو م ح ى مع أن الزاوية المتكونة بالبوصلة هى ن ل ى — ن ك م وحيث تقرر أن

ن ح ى = ن ل ى + ـ و

ن ح م = ن ك م + ب فبطرحهما من بعضهما يحدث

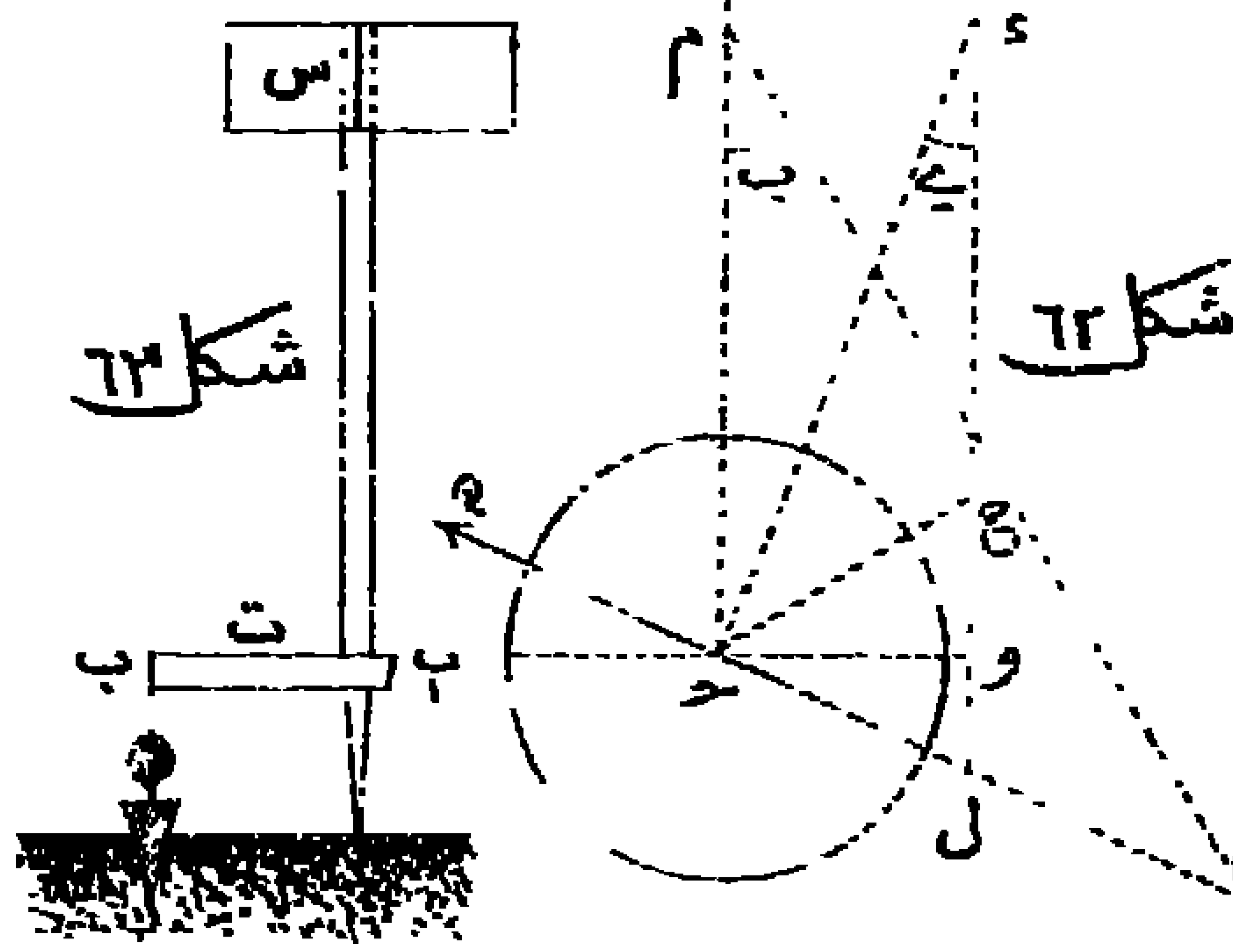
ن ح ى — ن ح م = ن ل ى — ن ك م + ـ — ب

يعنى أن الزاوية المطلوبة تساوى الزاوية التى تبينها البوصلة بالضبط اذا كان ـ = ب وهذا لا يحصل الا اذا كان البعد و ى = ح م

ومع ذلك فهذا الخطأ صغير جدا يمكن اهماله أما اذا أريد عدم اهماله فيجرى العمل بطريقتين

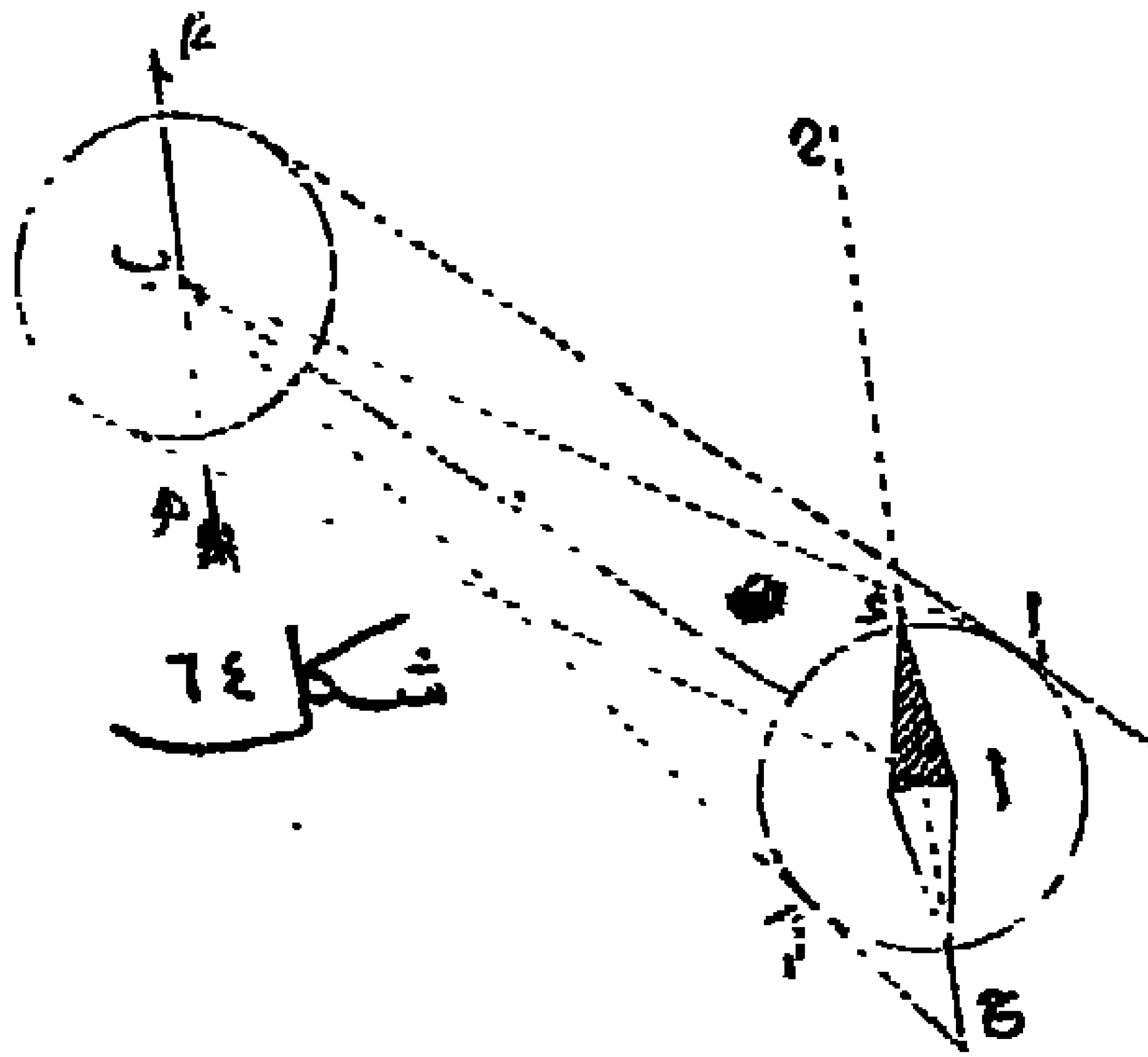
الطريقة الاولى — يوضع الشاخص متباعدا جهة شمال النقطة التى يلزم نظرها ببعد مساو للمسافة المحصورة بين مركز الآلة ومركز النظارة أو العضادة ويسهل ذلك

باستعمال قطعة خشب ت طولها مساو للمسافة المحصورة بين مركز الآلة ومحور النظارة تسمر بالقرب من ركيز الشاخص ونهايتها ب توضع على النقطة الارضية (شكل ٦٣) ويوجد بالشاخص من أعلى مرئى من الصاج ملون باللون الاسود والاحمر وبه خط أبيض أو أسود مواز لمحور الشاخص ومتباعد عنه



بمسافة تساوى المسافة المحصورة بين مركز الآلة ومحور النظارة وينظر الى هذا المرئى وفى هذه الحالة تقاس زاوية الانحراف بالضبط

الطريقة الثانية — ان ينظر أولا للشاخص ب الموضوع فى النقطة المطلوبة (شكل ٦٤) والنظارة جهة اليمين فى اتجاه ا ب ثم ينظر ثانيا الى النقطة ب المذكورة والنظارة جهة الشمال فى اتجاه اَ ب ثم يؤخذ متوسط القراءتين على القطب الشمالى بعد اضافة أو طرح ١٨٠° من القراءة الثانية فهذا



المتوسط يكون هو انحراف خط ا ب المطلوب لانه من الشكل يعلم أن الانحرافين المقيسين هما ب ى ه و ب ع ه اللذان أولهما أكبر والثانى أصغر من انحراف ا ب بالزاويتين ا ب اَ و اَ ب ا المتساويتين وحينئذ فمتوسطها يكون هو المطلوب

(تحقيق البوصلة وتصليحها)

بند ٦٨ — قبل استعمال البوصلة يجب أن تكون مستوفية للشروط الآتية

أولا — أن تكون الابرة مطلقة الحركة على حاملها * وهذا الشرط مهم حيث انه بعدمه تتزن الابرة فى غير اتجاهها الحقيقى ويكون بالزوايا التى تقرأ عليها خطأ

وللتحقق من وجود هذا الشرط تدار الابرة حركة رحوية من جهة الى أخرى بواسطة تقريب قطعة من الحديد لأحد طرفيها فبعد تحركها يلزم أن ترجع لحالة توازنها بعد عدة ذبذبات منتظمة التناقص فاذا لم تذبذب وتوازنت سريعا أو بعد ذبذبتين أو ثلاثة غير منتظمة السعة كان هذا دليلا على أن الابرة غير مطلقة الحركة ويوجد بها احتكاكات مختلفة بين نقطة ارتكازها وبين الحامل فان تحققنا من عدم وجود هذا الاحتكاك يعلم أن الابرة غير ممغطسة جيدا وحينئذ يعاد تغطيسها بدلكها من الوسط الى الطرفين مرارا بواسطة قطبى المغناطيس اللذين على هيئة نعل الفرس

ثانيا — حينما يكون محور البوصلة رأسيا تكون الحافة أفقية

ويتحقق ذلك بادارة الآلة حول محورها بعد جعلها أفقية فمتى كان قطبا الابرة دائما على ارتفاع واحد من مستوى الحافة يكون الشرط محققا وبوجود هذا الشرط تسهل قراءة أقسام الحافة المقابلة لاتجاه الابرة وان كان هذا الشرط غير موجود فيلزم تغيير اتجاه المحور بالنسبة لقاع صندوق الآلة

ثالثا — يلزم أن تكون الابرة متزنة بمعنى أنه حينما تكون الحافة أفقية يكون قطباها مماسين لدرج الحافة ويكونان فى مستو واحد مع السطح العلوى لها

ولذلك يلزم أن ينظر للابرة بعد وضع الحافة أفقية فان كان طرفاها مع سطح الحافة ليسا فى مستو واحد يلزم تثقيل الطرف المرتفع وبهذا ينعدم ميل الابرة

رابعا — ان الخط الجانبى المغناطيسى للابرة يلزم أن يكون منطبقا على محور شكلها فان لم يكن هذا الشرط موجودا فانه يحدث فى الانحراف خطأ زاوى ثابت وبالتبعية لذلك تكون كافة أضلاع الخريطة منحرفة عن حقيقتها بقدر هذه الزاوية ولا ينتج عنها اختلاف فى رسم الخريطة ومثل هذا الانحراف يمكن اهماله

ويتحقق من وجود هذا الخطأ بتثبيت النظارة على نقطة ما وقراءة الزاوية المطابقة لها على السن الشمالى للابرة ثم ترفع الابرة من حاملها وتقلب على وجهها الثانى فان كانت القراءة على السن الشمالى هى عين السابقة كان هذا الشرط محققا والا فلا

خامسا

خامسا — يلزم أن تكون الابرة مستقيمة بمعنى أن سنيها يكونان مع الحامل فى مستو واحد رأسى

ولتحقيق هذا الشرط يرسم خط مستقيم على فرخ من ورق ثم يثبت فى احدى نقطه حامل رأسى رفيع ترتكز عليه الابرة المغناطيسية ويحرك الفرخ الورق حول الحامل المذكور الى أن ينطبق احد سنى الابرة على احدى نقط المستقيم المرسوم فان كان السن الثانى منطبقا على هذا المستقيم تكون الابرة مستقيمة والا فلا

وان لم يكن هذا الشرط موجودا فن الواضح أن الانحراف الذى يقرأ على القطب الشمالى يكون خلاف الزاوية التى يصنعها هذا القطب مع الموازى للخط الجانبى المار بالحامل ويحصل هنا خطأ من نوع المتقدم ولذلك يلزم أخذ القراءة على كل من سنى الابرة بحيث يكون فرقهما يساوى °١٨٠

سادسا — يلزم أن يكون الحامل موجودا فى مركز الحافة أى ان نقطة الارتكاز تكون على الرأسى المار بمركز الحافة لانه ان لم يكن هذا الشرط محققا فان الانحرافات تكون غير حقيقية وتغيرها يكون بزاوية غير ثابتة تبعا لبعد الابرة عن القطر المار بنقطة الارتكاز وقربها منه حيث ان مركز الحامل يرسم دائرة حول مركز الحافة

ولمعلومية وجود هذا الشرط تدار الآلة حركة رحوية فان كان الفرق بين قراءتى سنى الابرة فى أثناء الحركة مساويا °١٨٠ يعلم وجوده فان لم يكن هذا الشرط محققا ويراد تشغيل الآلة فينبغى معرفة الزاوية الحقيقية لكل رصدة ولذلك توجد حالتان

الحالة الاولى — اذا فرض أن الحامل بدل مروره بالنقطة ح التى هى مركز الحافة يمر بالنقطة ج (شكل ٦٥) فينبغى معرفة مقدار الخطأ فى كل رصدة

ولذلك يفرض أن خط ب ب$_1$ هو المار بصفر و °١٨٠ وان اتجاه الابرة هو م م$_1$ فالزاوية الحقيقية التى نرمز لها بالحرف ه هى التى تقرأ على السن الشمالى لابرة تصورية مثل ه ه$_1$ مارة بالمركز ح وزاوية الخطأ المرموز لها بالحرف ى تكون مبينة بالقوس ه م المحصور بين السن الشمالى للابرة الحقيقية

شكل ٦٥

والسن الشمالى للابرة التصورية والزاوية التى تقرأ هى المبينة بقوس ب م على السن الشمالى للابرة الحقيقية فنرمز لها بحرف ل وحينئذ بالنظر الى الشكل يرى أن

ل = ى + ے ..... (١)

وأما القراءة التى تقرأ على السن الجنوبى للابرة الحقيقية فتكون مبينة بالقوس ب م ب١ م١ فنرمز لها بحرف لَ ويكون

لَ = ١٨٠° + ى − ے .... (٢)

وبجمع معادلتى (١) و (٢) على بعضهما يحدث

ل + لَ = ١٨٠° + ٢ ى أو

ى = (ل + لَ − ١٨٠°) / ٢

يعنى أن الزاوية الحقيقية تكون نصف باقى طرح ١٨٠° من مجموع القراءتين اللتين بينهما السنان الشمالى والجنوبى

ويتحصل على مقدار الخطأ بتعويض ى بمقدارها فى معادلة (١) فيحدث

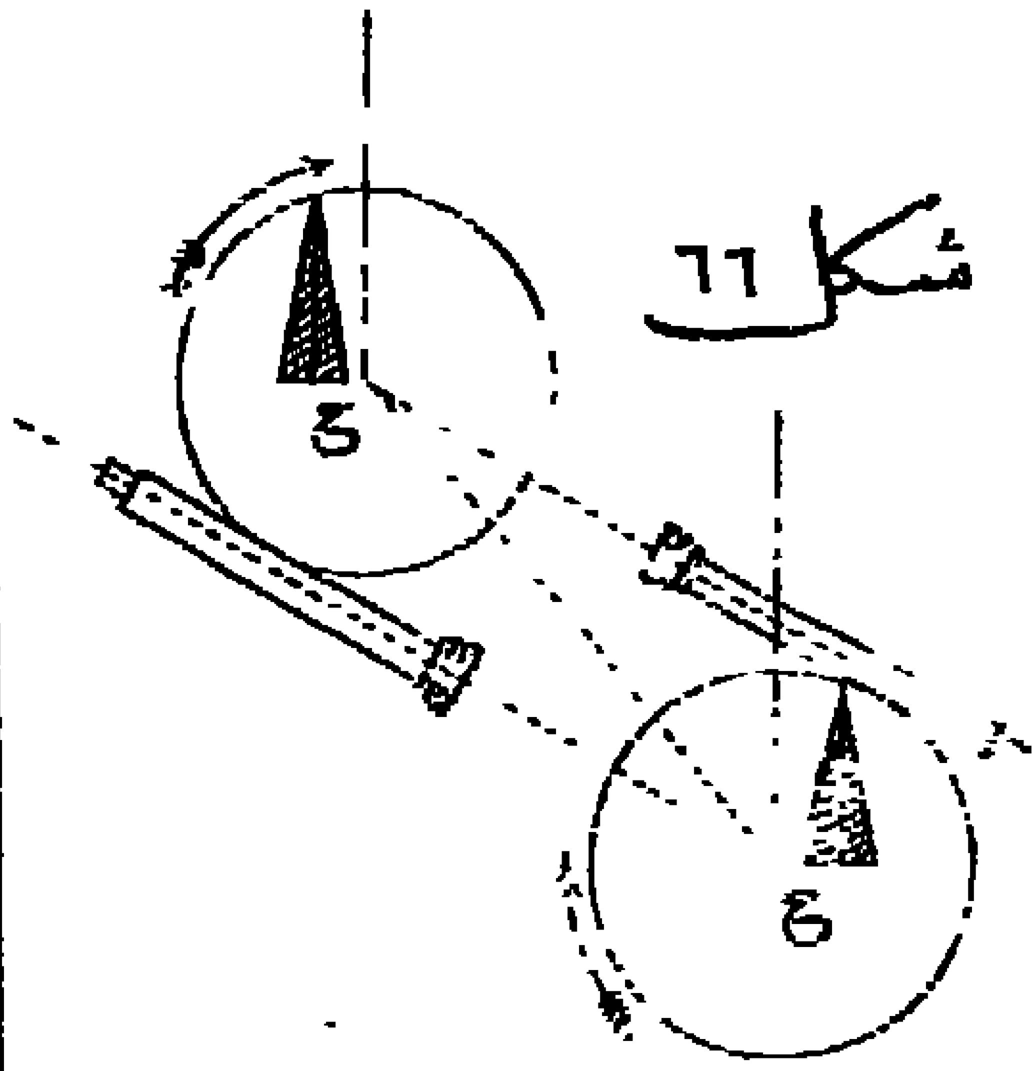
ل = (ل + لَ − ١٨٠°) / ٢ + ے ومنها

ے = (ل + ١٨٠° − لَ) / ٢ .... (٣)

ويرى أن مقدار الخطأ يكون معدوما متى كان لَ = ل + ١٨٠° أى متى كان الحامل الرأسى فى مركز الحافة وحينئذ متى كان الخطأ موجودا بمقدار قليل فيمكن تصليحه بعملية سهلة بواسطة مقراص يميل به الحامل قليلا من قمته بحيث انه بعد وضع الابرة عليه يكون لَ = ل + ١٨٠° وهذه العملية لا يجريها الا الراصد المتمرن

الحالة الثانية — يمكن أن يؤخذ لكل ضلع انحرافان أحدهما فى مبدأ المستقيم والثانى رجعى فى نهاية المستقيم مع جعل النظارة دائما جهة اليمين ويؤخذ متوسط الانحرافين (بعد تصليح قائمتين للانحراف الرجعى) وفى الواقع ان فى هاتين العمليتين يأخذ

الحامل وضعين متماثلين كما في (شكل ٦٦) بالنسبة لمركز الحافة وينعدم الخطأ كما سبق بأخذ المتوسط



والحالة الثانية تستعمل عند رسم أي شكل بطريقة اللف والدوران وأما الحالة الاولى فتستعمل عند الرسم بطريقتي التقاطع والثبات

سابعا — يتحقق من أن تقاسيم الحافة تكون متساوية وان الاجزاء المختلفة المتركبة منها الآلة تكون من النحاس الاصفر خالية من قطع الحديد

وحيث ان تقاسيم الحافة تجرى عادة بآلات دقيقة مضبوطة فلم يبق الا معرفة عدم وجود أجزاء حديد بالآلة وهذا يدرك بالنظر لها مع ملاحظة أنه يوجد بالمتجر بعض بوصلات يوضع بها قطع صغيرة من الحديد مطلية ببرادة النحاس فمثل هذه الآلات يمكن أن يحصل منها اختلاف لزوايا الانحراف يصل من درجة الى درجتين أو أكثر فحينئذ الاوفق عدم استعمالها أو تغيير قطع الحديد ان أمكن

ويمكن تحقيق هذا الشرط بوضع الآلة أفقية وسط فضاء متسع أفقي تقريبا مع تثبيت وتد أسفلها على الرأسي المار بمركزها ثم يثبت بمنتصف هذا الوتد مبدأ شريط طوله ٢٠ مترا وتدار الآلة الى أن يمر سنا الابرة بخط ٠° و ١٨٠° فيثبت شاخص رأسي على اتجاه محور النظارة متباعدا عن مركز الآلة بقدر طول الشريط ثم تدار الآلة الى أن يمر السن الشمالي للابرة بقسم ٢٠° فيوضع شاخص آخر على اتجاه محور النظارة متباعدا عن مركز الآلة بقدر ٢٠ مترا وهلم جرا فتكون الزوايا الحادثة بين الاشعة وبعضها من ٢٠° الى ٢٠° ثم ترفع البوصلة وتقاس الزوايا الحادثة بين هذه الاشعة وبعضها باحدى الآلات المضبوطة المعدة لقياس الزوايا فان كان الفرق بين كل

شعاعين لا يزيد ولا ينقص عن ٢٠° بازيد من ٥َ الى ١٠َ فتكون البوصلة محققة وبخلاف ذلك ترفض ومن هذا يتحقق أيضا أن تقاسيم الحافة متساوية وان لم توجد آلة معدة لقياس الزوايا فتقاس الاضلاع المحصورة بين الشواخص وبعضها ويلزم أن تكون جميعها متساوية ان كانت البوصلة مضبوطة لانها أضلاع مضلع منتظم

ثانيا — يلزم أن يكون المسقط الافقي للابرة شكل معين ولتحقيق هذا الشرط ترفع الابرة من حاملها وتوضع على فرخ من ورق ثم يعلم على أحرفها بالقلم الرصاص ويختبر الشكل المرسوم ان كان معينا أم لا

(الشروط التي يلزم أن تستوفيها العضادة)

بند ٦٩ — أولا — يلزم ان يكون المحور البصرى للنظارة عموديا على محور دورانها ولتحقيق هذا الشرط توضع الآلة أفقية ثم ينظر الى خط رأسى (كخيط شاقول مثلا أو تقاطع حائطين رأسيين) ويجعل تقاطع الشعرتين على هذا الخط من أعلى وتقرأ زاوية الانحراف فبتحرك محور النظارة على هذا الخط بدون اختلاف زاوية الانحراف دل ذلك على أن محور النظارة فى حركته يرسم مستويا رأسيا عموديا على محور دوران النظارة وان كان الانسان بفضاء متسع ليس به بناء وغير ممكن تثبيت خيط الشاقول بالنسبة للاهوية فينظر شاخص متباعد جدا عن الآلة وتقرأ زاوية الانحراف ثم تحرك الآلة ١٨٠° وتدار النظارة حول محورها دورة قدرها ١٨٠° لرجوع العينية نحو الراصد ثم ينظر للشاخص ثانيا وتقرأ زاوية الانحراف الثانية فبى كان فرق الانحرافين ١٨٠° دل ذلك على أن الشرط موجود انما يلاحظ فى هذه الحالة استعمال الشاخص المرسوم (بشكل ٦٣)

ثانيا — يلزم أن يرسم محور دوران النظارة مستويا موازيا لخط ٠° و ١٨٠° من الحافة ويسهل تحقيق هذا الشرط بوضع شاخص (شكل ٦٣) بحيث يكون طرفه ب على وتد ويجعل خط البصر له أولا نحو الشمال ثم تقرأ زاوية الانحراف على البوصلة مع جعل النظارة جهة اليمين ثم يحرك الشاخص نحو يمين حامله ويجعل طرفه ب ثابتا على

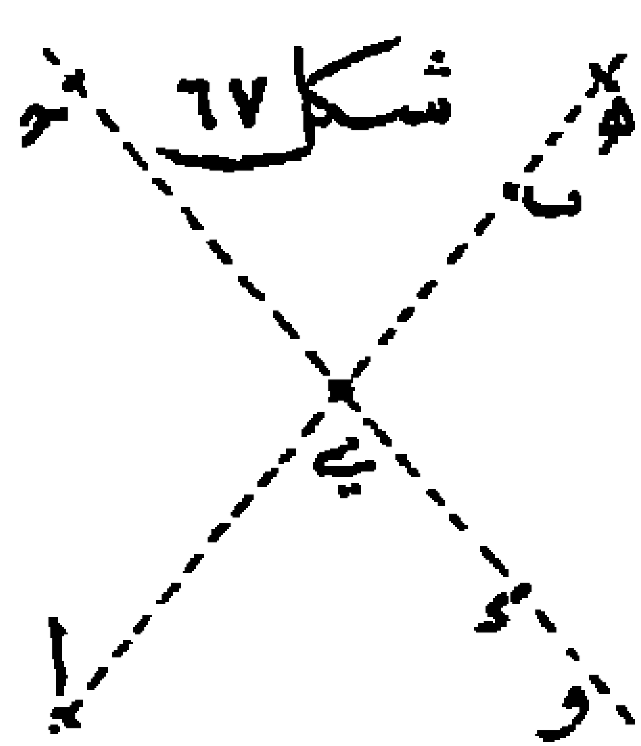
الوتد وتقــرأ زاوية الانحــراف والنظارة نحو الشمــال فتى كان فرق القــراءتين ١٨٠°
علم أن الآلة موفية لهذا الشرط

ومع عدم وجود هــذا الشرط يمكن استعمال البوصلة لان منه لا يحصل خطأ فى نســبة
اجزاء الرسم لبعضــه بل ان خطأه يكون فى انحراف الخــريطة بأكملها عن الخط الجانبي
المغناطيسى

المبحث السادس

تطبيقات عملية ومسائل خاصة بالخنزير والشاخص

بـــ٧٠ـــد ـ المطلوب ايجاد نقطة تلاقى خطين مستقيمين مثل ا ب و حـ ى (شكل ٦٧) موضوع فى نهايتهما شواخص فلذلك يقال ان كان مع المهنــدس مساعد وقياس فيقف المهنــدس فى نقطة ا ومساعده فى نقطة ى ثم يحــمل القياس شاخصا رأســيا ويحاذيه المهندس ومساعده على اتجاه المستقيم الواقف فى نهايته الى أن يأتى القياس فى نقطة ـ التى تكون على كل من الخطين وهى النقطة المطلوبة



وأما اذا لم يوجــد سوى شخص واحد فيضع شاخصا مثل هـ على اتجاه ا ب وشاخصا مثــل و على اتجاه حـ ى ثم يتحرك على أحــد الخطين الى أن يرى نفســه فى اتجاه الآخر ويكون فى آن واحد على الاتجاهين هـ ب و و ى فيكون موقع الشاخص الذى فى يده هو نقطة التلاقى ـ المطلوبة

(كيفية رسم قطعة أرض بالخنزير والشاخص)

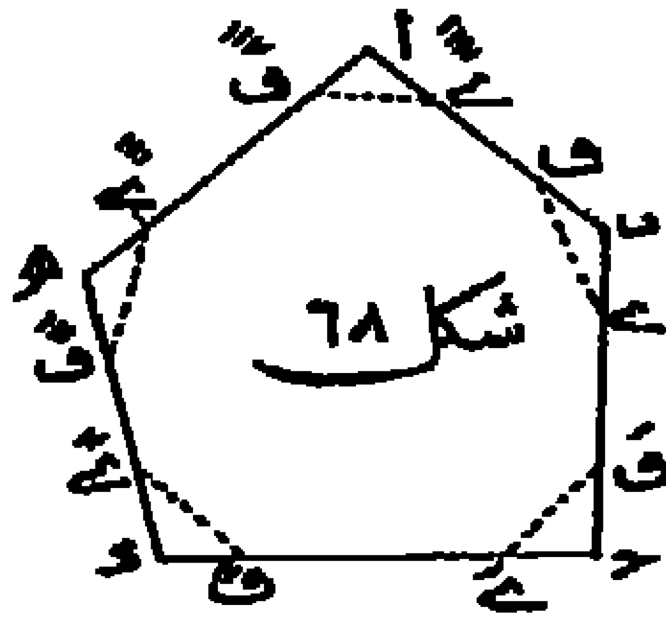
بـــ٧١ـــد ـ يجرى رسم قطعــة أرض مهما كانت صفتها باســتعمال احدى الثلاث طرق الآتية

أولا ـ طريقة السير على أضلاع الشكل وتسمى طريقة اللف والدوران
ثانيا ـ طريقة الاشعة وتسمى طريقة الثبات
ثالثا ـ طريقة تقاطع الاشعة وتسمى طريقة التقاطع

ولكل من هذه الطرق الثلاث مزايا مخصوصة فالاولى تستعمل لرسم قطعة أرض مزروعة أو بها عمارات أو بساتين والثانية تستعمل لرسم الاراضى المكشوفة الخالية عن الموانع والثالثة تستعمل لرسم الاراضى المستنقعة والاراضى المزروعة زرعا قصيرا ونشرح كلا من هذه الطرق على الترتيب فنقول

(الطريقة الاولى – وهى على حالتين)

بند ٧٣ – الحالة الاولى – لرسم شكل ا ب حـ ء هـ مثلا (شكل ٦٨) بواسطة الجنزير والشاخص يبتدأ بقياس أحد الاضلاع ا ب من ا نحو ب وعند الوصول الى نقطة ب يؤخذ على الاتجاه ا ب بعد مساو طول جنزير بالاقل مثل ب ف ثم يؤخذ على اتجاه ب حـ بعد مثل ب ے مساو طول جنزير أيضا ثم يقاس خط ف ے وبعد ذلك يقاس الضلع



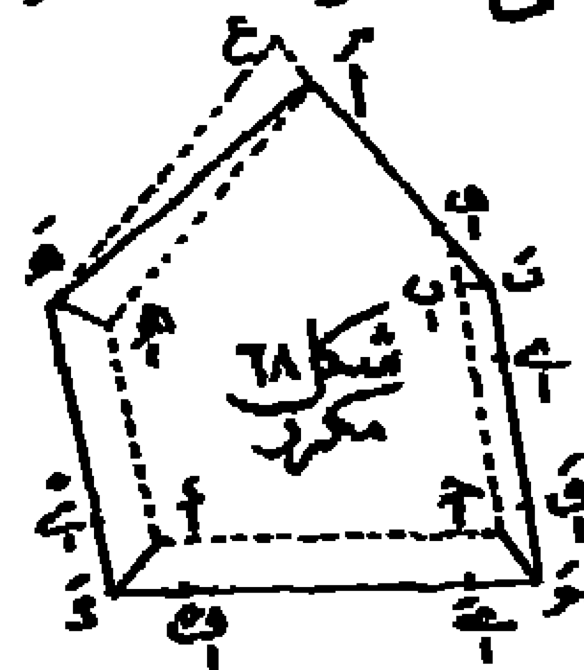
ب حـ وعند الوصول الى نقطة حـ تقاس الابعاد حـ فَ و حـ ےَ و فَ ےَ كما سبق ثم يقاس خط حـ ء وعند الوصول الى نقطة ء يجرى بها ما جرى فى سابقتها ويستمر العمل على هذا المنوال الى أن يتوصل الى نقطة ا

ثم انه عند اجراء عملية القياس المشروحة أعلاه يعمل كروكى (مسودّة) مبين به هيئة قطعة الارض الجارى رسمها وتوضع عليه الابعاد التى قيست جميعها كى يسهل رسم الشكل المذكور بالمقياس كما سيأتى

وذلك بان يرسم مستقيم اختيارى على الورق ويؤخذ عليه بعد يساوى ا ب بعد تحويله الى المقياس وليكن اَ بَ (شكل ٦٨ مكررا) ثم يؤخذ عليه بالابتداء من نقطة بَ بعد بَ فَ يساوى ب ف محولا للمقياس ثم تجعل نقطة بَ مركزا ويرسم قوس دائرة ببعد مساو ف ے محولا للمقياس وأيضا تجعل فَ مركزا ويرسم قوس دائرة ببعد مساو ب ف محولا للمقياس فيتقاطع القوسان فى نقطة ےَ تكون هى نظيرة ے من (شكل ٦٨) فيوصل بَ ےَ ويمد على استقامته ويؤخذ عليه

بعد

بعد بَ حَ يساوى ب ح محوّلا للمقياس فتكون نقطة حَ هى نظيرة نقطة ح ثم يجرى بنقطة حَ ما أجرى فى نقطة بَ وهكذا حتى يتم رسم الشكل فاذا وقعت نقطة الانتهاء على نقطة الابتداء اَ بالضبط كان العمل مضبوطا وان وقعت متباعدة كثيرا عنها فتعاد عملية الرسم أوّلا فان عادت الحالة بعينها تعاد العملية على الارض



وأما ان وقعت متباعدة قليلا بان كانت نقطة الانتهاء فى ع فالخطأ الحادث اما أن يكون فى قياس الاضلاع أو الزوايا وعلى كل فهو نتيجة جملة خطآت جزئية صغيرة جدا مجتمعة من عدة نقط مختلفة فيصير توزيعها اما على عدد الاضلاع أو على الزوايا بعد معرفة كونه فى أيهما كما سيأتى

فلمعرفة ان كان الخطأ فى قياس الاضلاع أو فى الزوايا يرسم مستقيم من نقطة الانتهاء ع يصنع مع هـَ ع زاوية مساوية ا (أى تؤخذ بعمالبها كما أخذت زاوية بَ مثلا) فان كان هذا المستقيم موازيا اَ بَ أو منطبقا عليه علم أن الخطأ ليس حادثا من قياس الزوايا بل هو من قياس الاضلاع وان كان بخلاف ذلك علم أن الخطأ فى قياس الزوايا ويوزع فى كلتا الحالتين بالطريقة الآتية

أوّلا — ان علم أن الخطأ فى قياس الاضلاع وكانت نقطة الانتهاء فى ع الخارجة عن نقطة اَ فيقاس البعد الصغير جدا اَ ع ثم يقسم على عدد أضلاع الشكل وخارج القسمة يطرح أوّلا من الضلع اَ بَ فليكن الباقى هو اَ ب ثم يرسم من نقطة ب خط يوازى بَ حَ ويؤخذ عليه بعد ب ح مساو بَ حَ مطروحا منه خارج قسمة اَ ع على عدد أضلاع الشكل ثم يرسم من ح خط ح ء مواز حَ ءَ ويؤخذ عليه بعد ح ء مساو حَ ءَ مطروحا منه خارج القسمة السابق وهكذا الى أن يتم الشكل فضرورة فى النهاية تنطبق نقطة ع على اَ

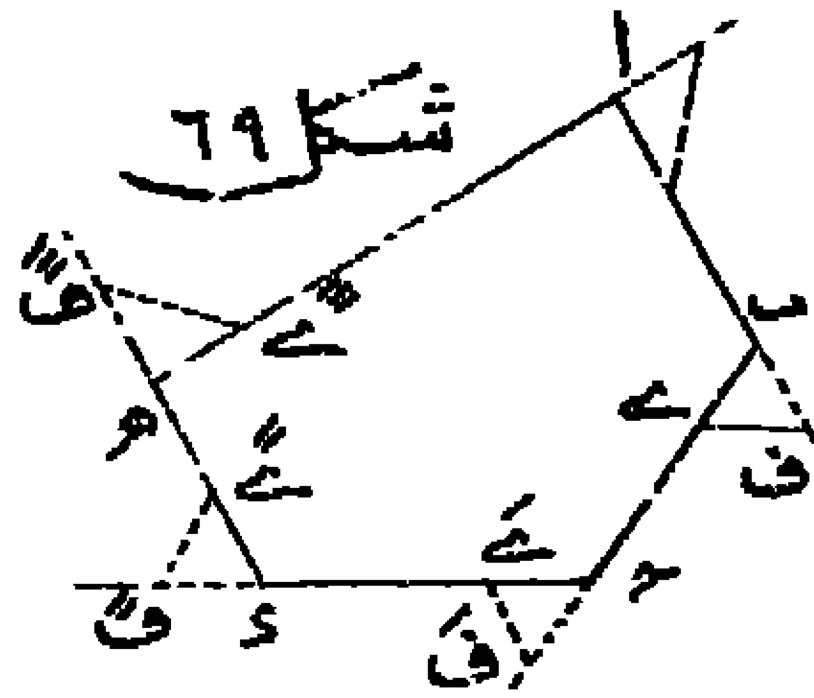
وأما اذا وقعت نقطة ع داخل الشكل فتجرى العملية بعينها انما يضاف خارج قسمة البعد اَ ع على عدد الاضلاع الى كل منها عوضا عن طرحه

ثانيا — ان كان الخطأ فى الزوايا ونقطة ع خارجة عن الشكل فيقسم البعد اَ ع

على عدد زوايا الشكل ثم تنصف الزوايا المذكورة ويؤخذ على الخط المنصف للزاوية الاولى خارج قسمة أ ع على عدد زوايا الشكل وعلى المنصف للزاوية الثانية ضعف خارج القسمة المذكور وعلى المنصف للزاوية الثالثة ثلاثة أمثاله ويوصل بين النقط المتحصلة وبعضها

وان كانت نقطة ع داخلة فى الشكل فتؤخذ الابعاد المتقدمة على امتداد الخطوط المنصفة وهذه الطريقة هى المعبر عنها بتقسيم الخطأ الجزئى وقفل الشكل

بـ ٧٣ د ــ الحالة الثانية ــ اذا كانت طبيعة الارض لا يمكن معها قياس الاطوال ف ے و ف ےَ الخ بان كانت قطعة الارض بستانا أو بركة مياه لغاية خطوط التحديد ففى هذه الحالة يكون العمل كما تقدم بان يقاس أحد الاضلاع أ ب (شكل ٦٩) وعند الوصول الى نقطة ب يؤخذ على امتداد أ ب بعد ب ف ثم على اتجاه ب ح بعد ب ے ويقاس البعد ف ے ويجرى العمل على هذا



المنوال فى جميع النقط ح و ء و هـ و أ ثم يعمل كروكى كما سبق وتوضع عليه جميع الابعاد التى قيست ثم برسم بالمقياس الاختصارى كما سبق مع ملاحظة أخذ الابعاد ب ف و ح فَ الخ على امتداد الاضلاع أ ب و ب ح الخ ويجرى قفل الشكل وتوزيع الخطآت الجزئية ان وجدت كما فى (بـ ٧٢ د)

(تنبيهات)

بـ ٧٤ د ــ أولا يلزم وضع النقط ف و ے و فَ و ےَ الخ بغاية الضبط والدقة على اتجاه الخطوط أ ب و ب ح الخ فى الارض اذ بدون ذلك يحصل خطأ فى قياس الاوتار ف ے و فَ ےَ الخ ينتج عنه خطأ كبير غير مسموح به عند رسم انفراج الزوايا على الورق ويكبر هذا الخطأ بكبر طول أضلاع الشكل

ثانيا ــ ان تؤخذ الابعاد ب ف و ب ے و ح فَ الخ كبيرة على قدر الامكان متى كانت أضلاع الشكل كبيرة وهذا يحصل منه الفائدة عند رسم الشكل على الورق

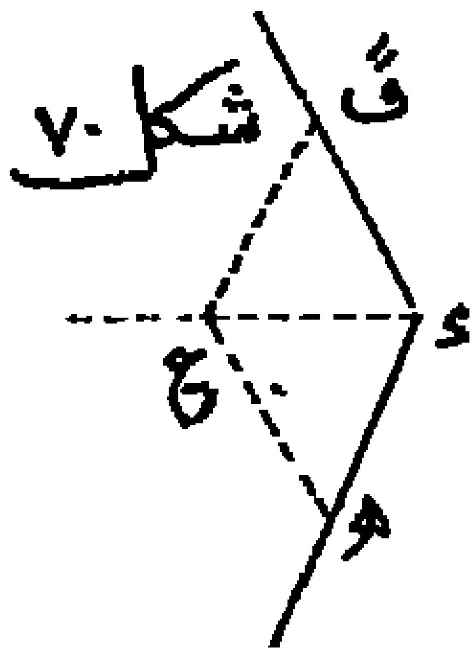
لانه مهما كان الاحتراس عند اجراء العمل على الارض لا بد وان توجد نقطة ے الارضية متباعدة عن وضعها الحقيقي بعد ٠٫٠٢ متر بالاقل (حيث ان هذا المقدار لا يمكن ضبط تقديره على الارض مهما كان احتراس المهندس) حينئذ يكون $\frac{٠٫٠٢ متر}{ب ے}$ هو النهاية الصغرى للخطأ الممكن حصوله فى مقدار الزاوية ا ب ح ولاجل ان يكون ضرر هذا الخطأ الزاوى غير محسوس فى الرسم يلزم ان لا تأتى النقطة التى هى نظيرة نقطة ے متباعدة عن محلها بمقدار أكبر من ٠٫٠٠٠١ متر (وهى الوحدة الرسمية كما فى بند ١٩) وحينئذ يكون $\frac{٠٫٠٢ متر}{ب ے} = \frac{٠٫٠٠٠١ متر}{ب_{١} ے_{١}}$ بعرفة ان ب١ ے١ هو نظير ب ے على الورق

وليلاحظ ان أقل مقدار يعطى الى ب١ ے١ على الرسم لتحديد انفراج الزاوية تحديدا مضبوطا يكون بالاقل ٠٫٠١ متر وحينئذ يكون $\frac{٠٫٠٢ متر}{ب ے} = \frac{٠٫٠٠٠١ متر}{٠٫٠١ متر}$ ومنها

$$ب ے = \frac{٠٫٠٢ \times ٠٫٠١}{٠٫٠٠٠١} \quad أو \quad ب ے = ٢٠ مترا$$

بمعنى ان البعد الذى يؤخذ على ضلعى الزاوية يكون عشرين مترا بالاقل كما أوضحنا

ثالثا — لاجل ان يتقاطع القوسان فى نقطة واحدة فى الرسم يلزم ان تكون الزوايا اللازم رسمها الحادة جدا ولا منفرجة جدا بحيث اذا وجدت زاوية منفرجة جدا مثل ف″ ى هـ (شكل ٧٠) فيؤخذ من رأسها ى خط ى ع يقسمها الى جزأين متساويين تقريبا ثم تقاس الابعاد ى ف″ , ى ع , ف″ ع ثم ى هـ , هـ ع بالشروط السابقة وعند رسمها على الورق يرسم على الضلع المناظر ى ف″ زاوية ف″ ى ع ثم على ضلع ى ع ترسم زاوية ع ى هـ كما سبق وبعد ايجاد الضلع ى هـ يستغنى عن الضلع المساعد ى ع

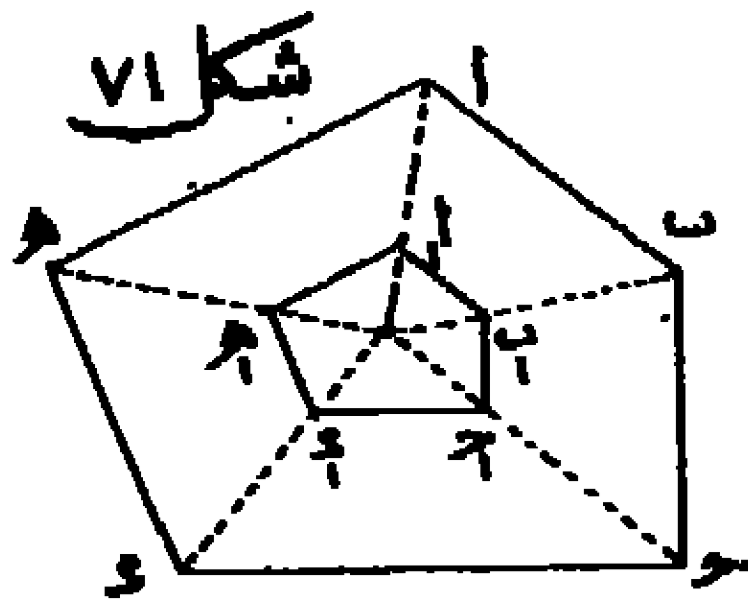


رابعا — اذا كانت أضلاع الشكل على الارض صغيرة جدا كما فى العمارات فتكون الابعاد ب ف , ب ے , ح ف′ , ح ے′ الخ صغيرة جدا وحينئذ عند الرسم على الورق لا تؤخذ المعالم نفسها التى قيست وتحول للمقياس الاختصارى بل الاوفق فى مثل هذه الحالة ان يؤخذ بدلا من الاضلاع مكرراتها مرارا متساوية للحصول

على رسم انفراج الزاوية بالضبط وفى هذه الحالة يكون المثلث الحادث مشابها للاول مثلا اذا كان ب فَ و ب ى و حـ فَ الخ كل منها يساوى ٢,٥٠ متر فيلزم ان يؤخذ كل منها قدر أصله أربع مرات أى يؤخذ كل منها ١٠ متر وكذلك تؤخذ الابعاد ف ى , فَ ىَ الخ قدر أصلها أربع مرات

(الطريقة الثانية)

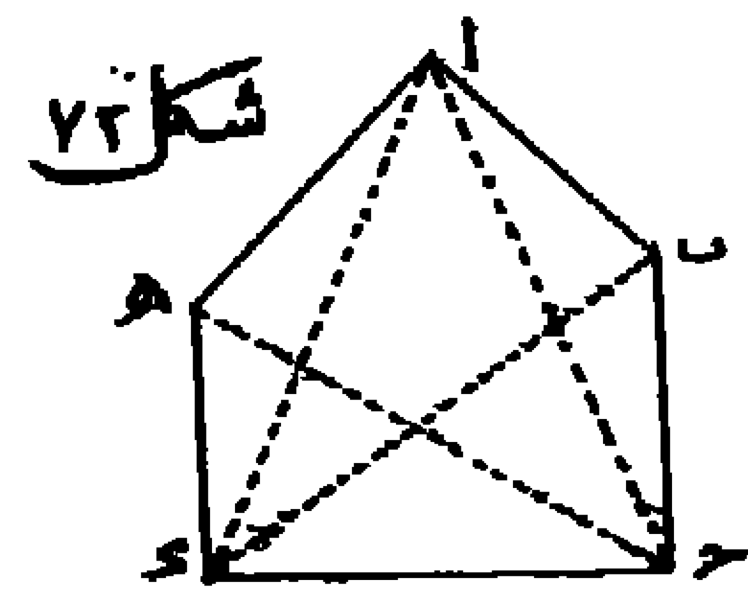
بند ٧٥ ـ لرسم شكل ا ب حـ ء هـ (شكل ٧١) تنتخب نقطة داخله مثل و بحيث يسهل منها قياس الأبعاد الواصلة الى جميع رؤس الشكل ثم تقاس الأبعاد و ف , و حـ , و ء الخ وتقاس الزوايا المتكونة بين هذه الاشعة وبعضها بالطريقة الاولى بأن تقاس مسافات و ا , و ا , و حـ ا , و ب ا الخ مع قياس ا ا , ب ا , حـ ا الخ .



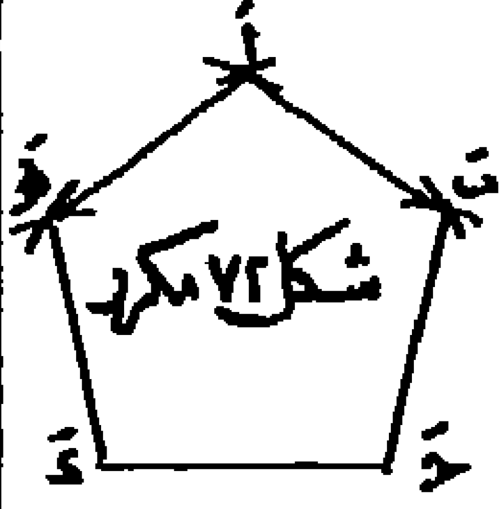
ويستحسن بعد قياس الاشعة و ا , و ب الخ ان تقاس الاضلاع ا ب , ب حـ , حـ ء الخ المحددة للشكل (وبهذه الحالة يسهل عمل مساحة الشكل) ثم يرسم الشكل المذكور على الورق بأخذ نقطة و ومد خط و ا وأخذ طوله عليه فتوجد نقطة ب بتقاطع الاقواس وبعد ايجادها يعتبر خط ب و أصلا وهكذا حتى يتم رسم الشكل

(الطريقة الثالثة ـ ولها حالتان)

بند ٧٦ ـ الحالة الاولى ـ لرسم شكل ا ب حـ ء هـ (شكل ٧٢) مكشوفا من الداخل يقاس أحد أضلاعه حـ ء مثلا ثم تقاس الابعاد الواصلة من حـ الى جميع رؤس الشكل وهى حـ ب و حـ ا و حـ هـ ثم الواصلة من نقطة ء الى جميع رؤس الشكل وهى ء ب و ء ا و ء هـ فبذلك يسهل رسم الشكل المذكور على الورق بالمقياس الاختصارى بعد عمل الكروكى ولذلك يؤخذ خط على الورق مساو حـ ء محولا للمقياس (شكل ٧٢ مكررا)

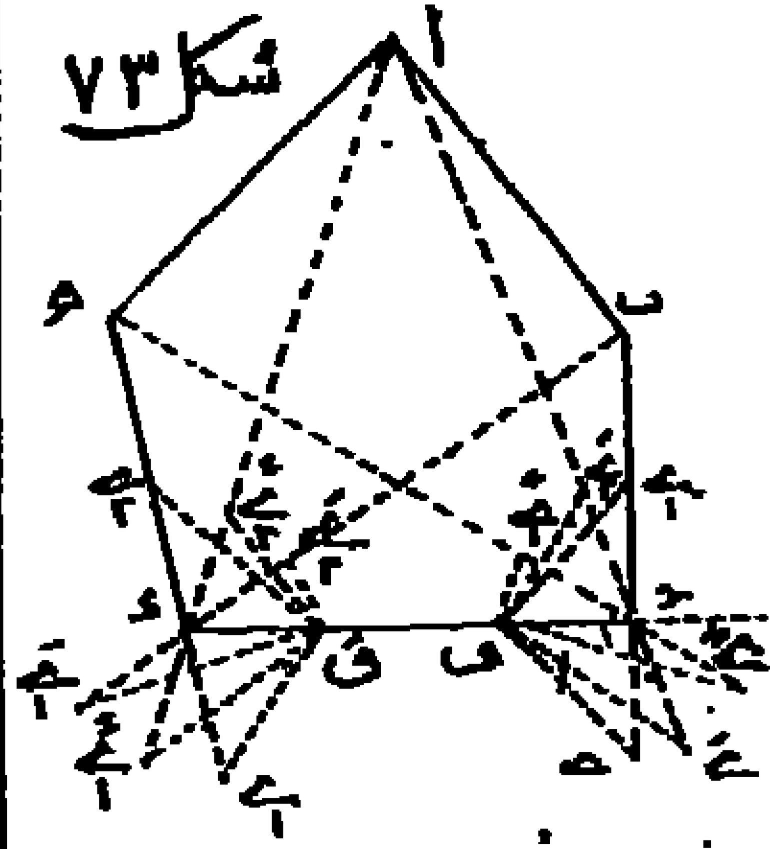


وليكن حـَ ءَ ثم لايجاد نقطـة ب مثلا تجعل نقطة حـَ مركزا وببعـد حـ ب محولا للمقياس الاختصارى برسم قوس ثم تجعل نقطة ءَ مركزا وببعد ء ب محولا للمقياس الاختصارى برسم قوس فيتقاطع القوسان فى نقطة بَ تكون هى نظيرة ب ويجرى العمـل على هـذا المنوال فى ايجاد النقط اَ , هـَ الخ ثم توصـل ببعضها فالشكل الحادث يكون هو عين الشكل الاصلى بعد رسمه بالمقياس الاختصارى



وللتحقق من صحـة العملية يقاس أحد أضـلاع الشكل فان كان بعد تحويله للمقياس مساويا لنظيره على الورق كانت العملية حقيقية

بـ ٧٧ ـد ـ الحالة الثانية ـ لرسم شكل ا ب حـ ء هـ (شكل ٧٣) بطريقة التقاطع مع وجود موانع داخل هـذا الشكل كنهر أو ترعة أو مستنقع بحيث لا يمكن جوبه من الداخل لكنه مكشوف



لذلك يؤخذ أحـد أضلاعه قاعدة وليكن حـ ء ثم يقاس طوله وتقاس الزوايا الواقعـة بينه وبين الاشـعة المختلفة الواصـلة من نهايتيـه حـ و ء الى رؤس الشكل كما فى الطريقة الاولى سواء كانت الزوايا الداخـلة أو الخارجـة فبذلك تتحدد معاليم كافية لرسم الشكل المذكور وتحقيق الرسم كتحقيق الحالة الاولى

(تنبيه) ـ على المهندس أن يستعمل عند اجرائه العمل هذه الطرق الثلاث معا أو احديها لرسم أى شكل حسب احتياجه وعليه أن لا يرسم على الورق التفاصيل الداخلية الا بعد رسم الشكل جميعه والتحقق من صحة العملية فى قفله وبعد ذلك ترسم التفاصيل اذ بذلك لو حصل خطأ فى احدها لا يسرى لغيره

(تمرينات على حل مسائل بالجنزير والشاخص)

بـ ٧٨ ـد ـ المسألة الاولى ـ المطلوب اقامة عمود على مستقيم ا ب من نقطة مفروضة عليه حـ بواسـطة الجنزير والشاخص (شكل ٧٤) لذلك تثبت احـدى نهايتى الجنزير

فى نقطة ح والنهاية الاخرى فى نقطة هـ المتباعدة عن ح بعد كاف ثم تمسك نقطة منتصف الجنزير ويشد بالتباعد عن هـ ح فى الجهة التى فيها يقصد اقامة العمود بحيث ان الجنزير يكون مثلثا متساوى الساقين ح و هـ و وبعد تعليم وتثبيت منتصف الجنزير فى نقطة و يمد النصف و ح منه على استقامة هـ و فنهاية الجنزير وهى د تكون من نقط العمود المطلوب أى تكون

شكل ٧٤

زاوية هـ ح د = ٩٠°

لان زاوية د و ح الخارجة عن مثلث هـ و ح المتساوى الساقين تساوى مجموع الزاويتين هـ و ح المتساويتين أو تساوى ضعف احداهما أى ان

د و ح = ٢ و ح هـ .... (١)

وكذا زاوية هـ و ح الخارجة عن مثلث د و ح المتساوى الساقين د و و ح تكون مبينة بالمقدار

هـ و ح = ٢ و ح د ..... (٢)

وبجمع المعادلتين (١) و (٢) يحدث

د و ح + هـ و ح = ٢ (و ح هـ + و ح د) = ٢ هـ ح د

وحيث ان مجموع زاويتى د و ح و هـ و ح يساوى ١٨٠° يكون

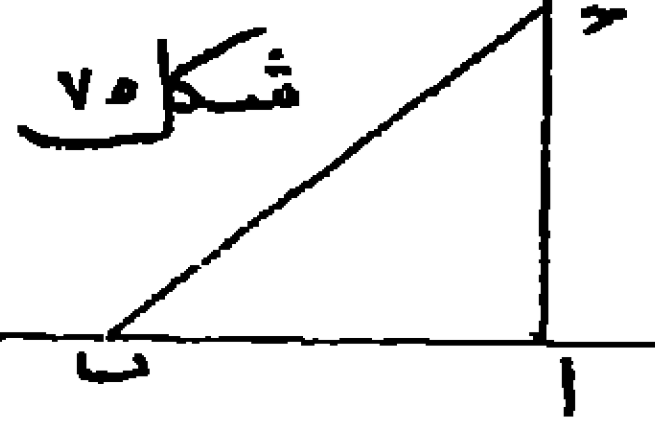
هـ ح د = ٩٠°

(ملحوظة) ـ يمكن أن يعوض الجنزير بحبل غير قابل للاستطالة ويعلم منتصفه بعلامة ويجرى به ما سلف

(تنبيه) ـ اذا كان القصد انزال عمود من نقطة د الخارجة عن مستقيم أ ب (شكل ٧٤) يجرى العمل بصورة عكسية بأن تثبت نهاية الحبل أو الجنزير فى نقطة د ويمد على استقامته الى أن تصير نهايته الاخرى على اتجاه أ ب فحينئذ تثبت النهاية هـ

ونقطة الوسط و ثم يتحرك بالنصف و د الى أن تأتى نهايته الثانية د على اتجاه المستقيم ا ب فى نقطة حـ تكون هى موقع العمود المطلوب

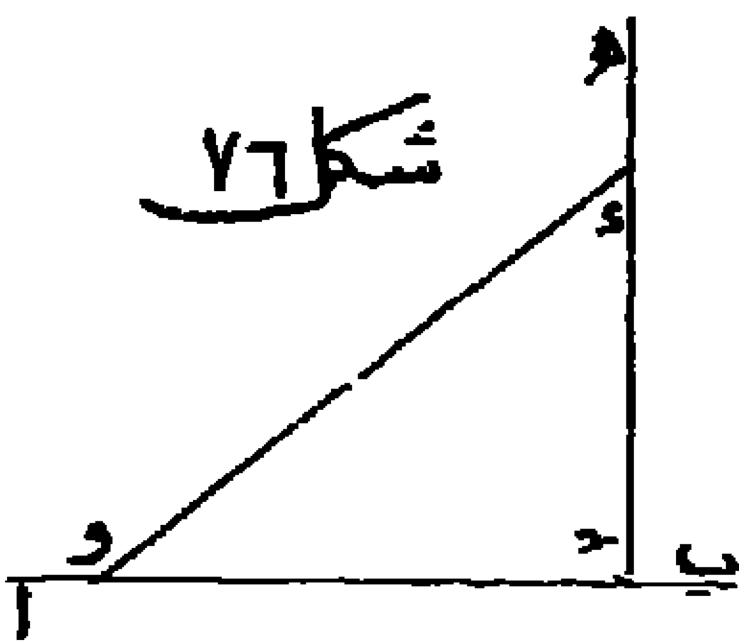
٧٩ د – يمكن تكوين مثلث قائم الزاوية بواسطة جنزير طوله عشرون مترا أو حبل



حيثما اتفق ولذلك يعلم بالابتداء من طرفه بعد حـ ا = ٣ متر ثم ا ب = ٤ متر ثم ب حَ = ٥ متر ثم تطبق نقطة حَ على حـ (شكل ٧٥) ويشد كل من نقطتى ا و ب ليتكون مثلث حـ ا ب فيكون قائم الزاوية فى ا لان

$$\overline{حب}^2 = \overline{اح}^2 + \overline{اب}^2 \quad \text{أو} \quad ٥^2 = ٣^2 + ٤^2$$

وحينئذ لاقامة عمود على مستقيم ا ب من نقطة حـ المفروضة عليه (شكل ٧٦)



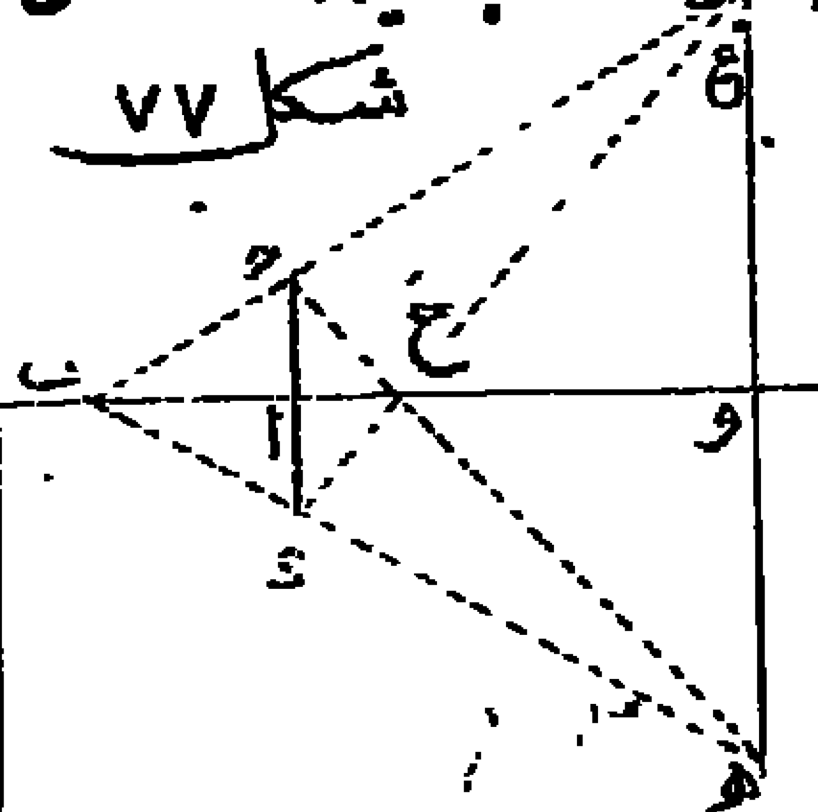
توضع نقطة الزاوية القائمة من المثلث فى نقطة حـ من الخط ثم يشد الجنزير بوضع أحد ضلعى القائمة منه على اتجاه ا ب يعنى ان المثلث الجنزيرى يكون هو حـ د و فاتجاه الضلع الثانى يكون هو اتجاه العمود المطلوب

ولانزال عمود من نقطة هـ الخارجة عن مستقيم ا ب (شكل ٧٦) بواسطة الحبل أو الجنزير يكون مثلث قائم الزاوية كما سبق ويتحرك به على اتجاه الخط ا ب مع وضع أحد ضلعى قائمته على اتجاه ا ب الى أن يأتى اتجاه الضلع الآخر على نقطة هـ فنقطة الزاوية القائمة تكون هى موقع العمود المطلوب

(تنبيه أول) – يمكن ان يتكون المثلث القائم الزاوية بقسمة الحبل الى ثلاثة أقسام تكون النسبة بينها كالنسبة بين أعداد ٣ و ٤ و ٥

(تنبيه ثان) – طريقة اقامة عمود أو انزال عمود بالمثلث الجنزيرى لا تجرى الا فى اقامة عمود قصير جدا أو انزال عمود من نقطة قريبة جدا لانها تقريبية ولا تؤدى لنتائج مضبوطة حيث انه يتكون فى رؤس الزوايا نوع خط منحن منه يقصر أحد أضلاع المثلث ويطول الآخر وحينئذ فالاحسن استعمال الطريقة الآتية

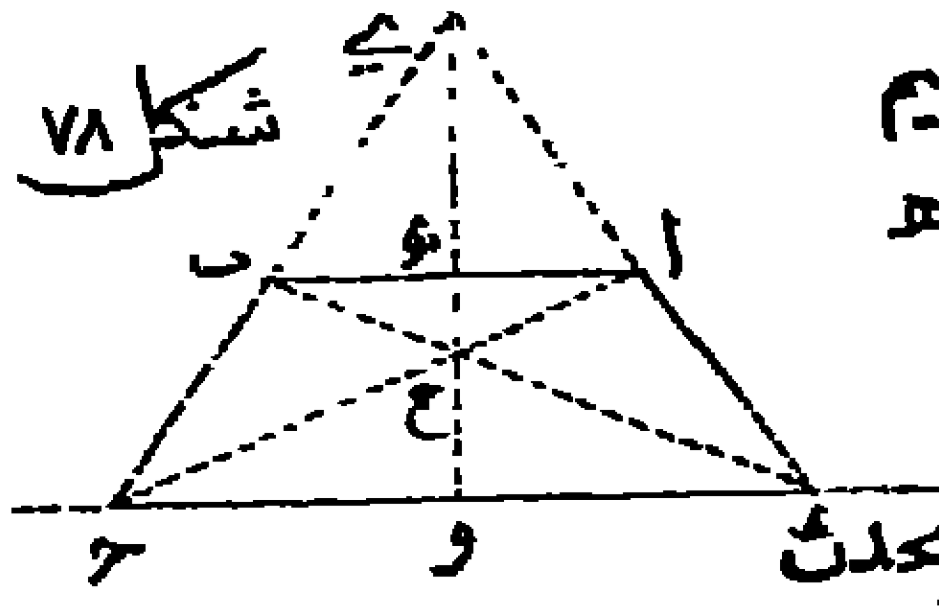
بـ ٨٠ د ـ المطلوب انزال عمود من نقطة ع على خط و ب بواسطة الجنزير والشاخص (شكل ٧٧) فتؤخذ نقطة ا على الخط المعلوم و ب ويقام منها عمود ا ح عليه بالجنزير كما في (بـ ٧٨ د) ثم يمد ا ح من جهة ا و يؤخذ عليه بعد ا ء = ا ح وتوضع ثلاثة شواخص وضعا رأسيا في نقط ع و ح و ء ثم يبحث عن نقطة ب التي هي نقطة تلاقي ع ح و و ب كما سبق في (بـ ٧٠ د) ويوضع بها شاخص ثم يبحث ايضا



عن نقطة ح التي هي تلاقي ع ء و و ب ويغرس بها شاخص وكذلك عن نقطة هـ التي هي تلاقي غ ح و ب ء وحينئذ فالخط هـ ع الواصل من نقطة هـ الى نقطة ع يكون عموديا على و ب المفروض لان مثلثي ا ح ب و ا ء ب القائمي الزاوية متساويان بسبب تساوي ا ح و ا ء عملا وباشتراك ا ب بينهما وينتج من تساويهما أن زاوية ا ح ب = ا ء ب وأن ب ح = ب ء وكذلك مثلثا ح ع ا و ا ع ء متساويان لان ع ا مشترك و ا ح = ا ء عملا وينتج من تساويهما أن ع ح = ع ء وزاوية ع ء ا = ع ح ا وحينئذ فمجموع زاويتي ع ء ا و ا ء ب يساوي مجموع زاويتي ع ح ا و ا ح ب وحينئذ يكون مثلثا هـ ب ح و ع ء ب متساويين لان ح ب = ء ب بالاثبات وزاوية ح ب ء مشتركة بينهما وزاوية هـ ح ب = ع ء ب وينتج من تساويهما أن هـ ح = ع ء وبطرح الجزأين ع ح و ع ء المتساويين من هـ ح و ع ء يكون هـ ع = ح ع وحينئذ يكون مثلثا ع و ح و و ح هـ متساويين لاشتراك و ح بينهما وزاوية ع ح و = و ح هـ لكونهما مقابلتين بالرؤس لزاويتين متساويتين وضلع هـ ح = ح ع وينتج ان زاوية ع و ح = ح و هـ وهذا لا يتأتى الا اذا كانتا قائمتين أعني يكون خط هـ ع عموديا على و ب وهو المطلوب

بـ ٨١ د ـ المسألة الثانية ـ المطلوب رسم خط يوازي مستقيما معلوما من نقطة خارجة عنه

لذلك نذكر أولاً خاصية شبه المنحرف وهي اذا نصفت القاعدة السفلى د ح لشبه المنحرف (شكل ٧٨) ثم مد ضلعاه الغير متوازيين حتى يتلاقيا فى نقطة ى فالمستقيم و ى يمر بمنتصف القاعدة العليا وهى نقطة هـ وبنقطة تقاطع القطرين ع



لانه من مثلثى ى ا هـ و ى د و المتشابهين يحدث

ا هـ : د و :: ى هـ : ى و (١)

ومن مثلثى ى هـ ب و ى و ح المتشابهين يحدث

هـ ب : و ح :: ى هـ : ى و (٢)

وبمقارنة تناسبى (١) و (٢) ببعضهما يحدث

ا هـ : د و :: هـ ب : و ح (٣)

وحيث ان التاليين متساويان فيكون المقدمان كذلك ويكون ا هـ = هـ ب

ومن مثلثى ا ع هـ و ع و ح المتشابهين لتساوى زواياهما المتناظرة يحدث

ا ع : ع ح :: ا هـ : و ح

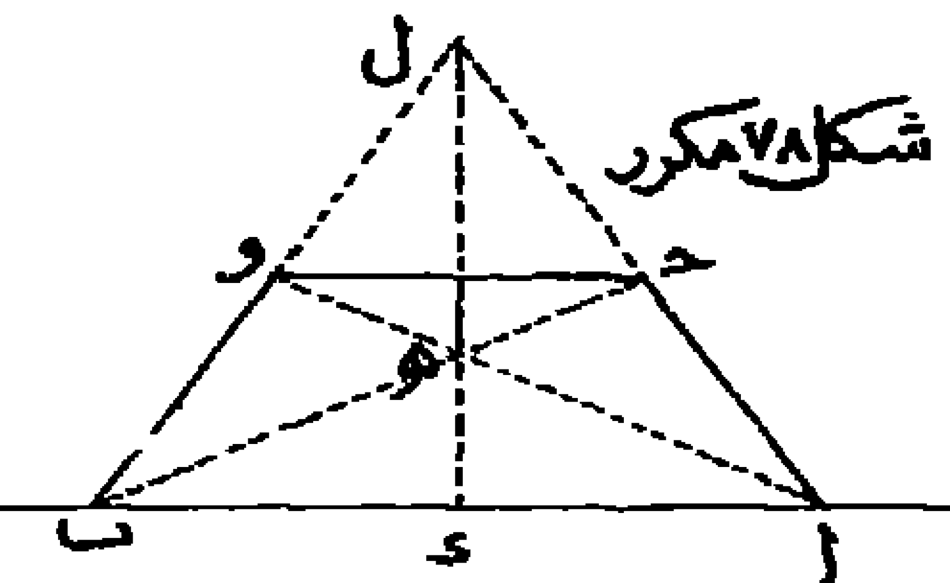
وبضرب حدّى النسبة الثانية فى ٢ يحدث

ا ع : ع ح :: ا ب : ب ح (٤)

وحينئذ اذا وصل ب ع و د ع فيكون المثلثان ا ع ب و د ع ح متشابهين لتناسب ضلعين محيطين بزاوية لضلعين محيطين بأخرى مساوية لها (تناسب ٤) وعليه تكون زواياهما الباقية متساوية بالتناظر أى تكون زاوية ا ع ب = د ع ح وهذا لا يحصل الا اذا كان ب ع و د ع على استقامة واحدة أعنى أن نقطة ع تكون على

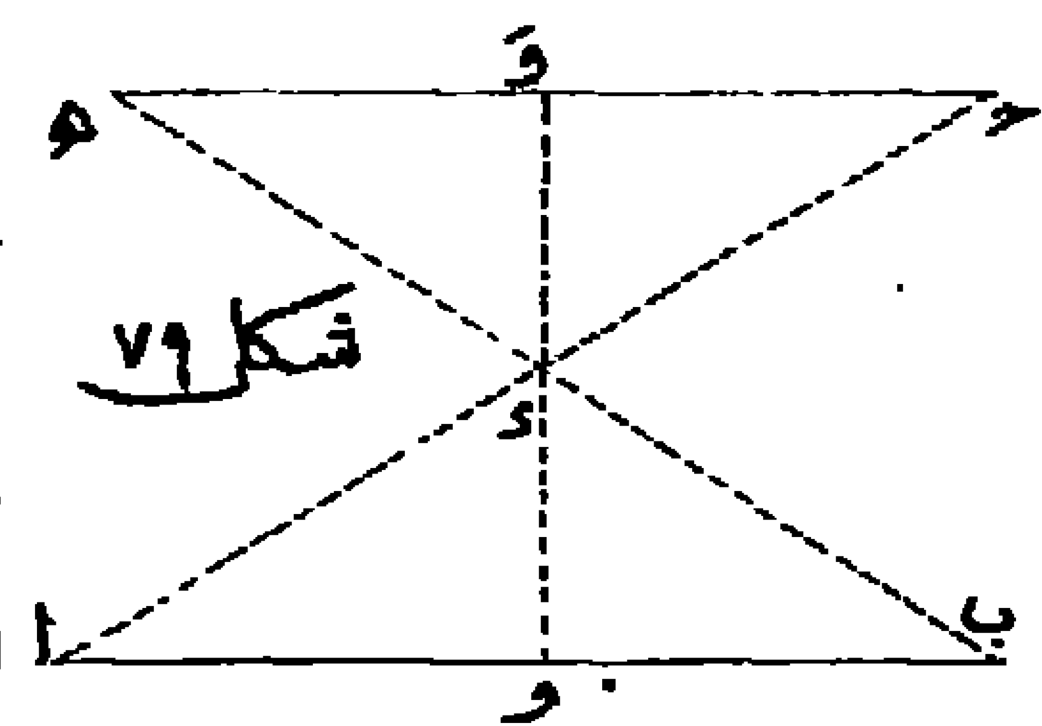
كل من قطرى شبه المنحرف وعلى الخط الواصل من نقطة تلاقى الضلعين الغير متوازيين الى منتصف القاعدة السفلى .

اذا تقرر ذلك فلرسم خط يوازى مستقيم اب من نقطة ح الخارجة عنه (شكل ٧٨ مكررا) بالجنزير والشاخص يقال لو وصل من النقطة الخارجة ح الى ا بمستقيم ا ح وأخذ على امتداده نقطة مثل ل ووصل منها الى النهاية الثانية للمستقيم المعلوم بخط ب ل ثم نصف



خط اب بنقطة ى ووصل منها الى ل بمستقيم ل ى ووصل كذلك مستقيم ح ب فيتقاطع خطا ل ى , ح ب فى نقطة هـ ثم يوصل مستقيم ا هـ ويمد على استقامته حتى يلاقى ل ب فى نقطة و فاذا وصل ح و كان هو موازى اب المطلوب

ويمكن حل المسألة المذكورة بطريقة أخرى وهى أن يوصل من ح الى ا بمستقيم ا ح (شكل ٧٩) ويبحث عن نقطة منتصفه ى ثم يوصل ب ى ويؤخذ على امتداده بعد ى هـ = ب ى فلو وصل ح هـ لكان هو الموازى المطلوب لانه من مثلثى ب ى ا , ح ى هـ المتساويين ينتج أن زاوية هـ ح ى = ى ا ب



وكذا ح هـ ى = ى ب ا وذلك لا يحصل الا اذا كان ح هـ يوازى ا ب

(ملحوظات)

أولا ـ اذا كانت طبيعة الارض لاتسمح بتوصيل خط ى ب فتؤخذ نقطة أخرى من نقط المستقيم ا ب كنقطة و مثلا ويوصل ى و ويؤخذ على امتداده بعد ى وَ = ى و فتكون نقطة وَ من الموازى المطلوب

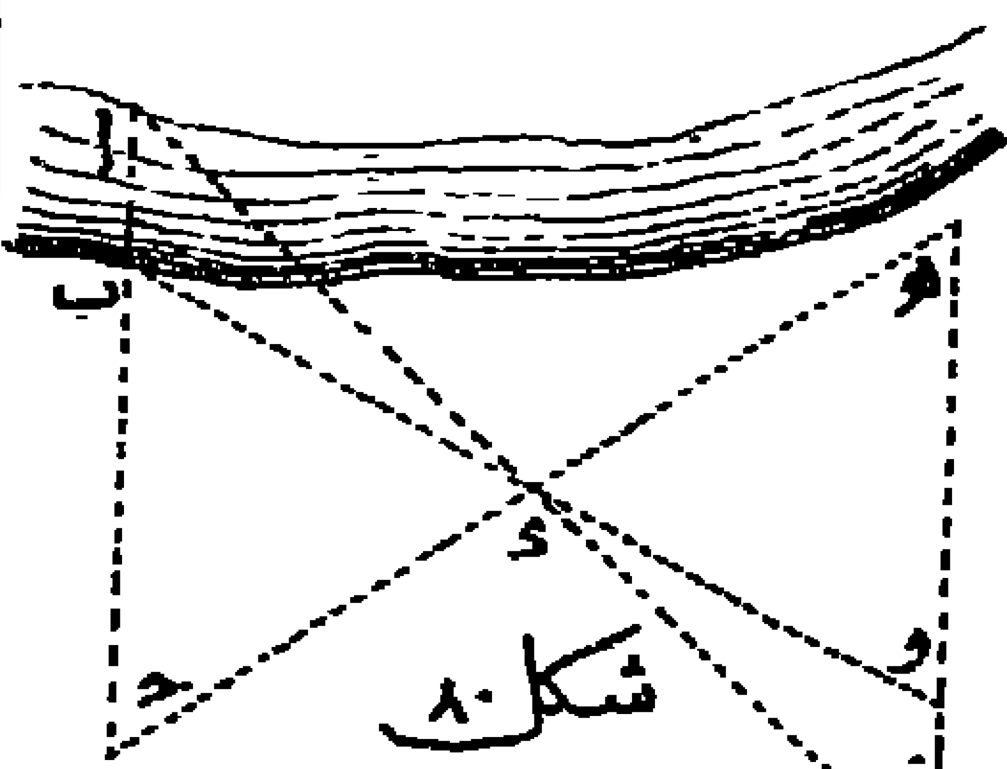
ثانيا ـ اذا لم يمكن أخذ نقطة ى وسط مستقيم ح ا فتؤخذ بالاختيار ويحسب طول البعد ى هـ من مثلثى ح ى هـ , ا ى ب المتشابهين ويحدث

ى هـ : ى ح :: ب ى : ى ا ومنه $ى هـ = \frac{ى ح \times ب ى}{ى ا}$

وحيث

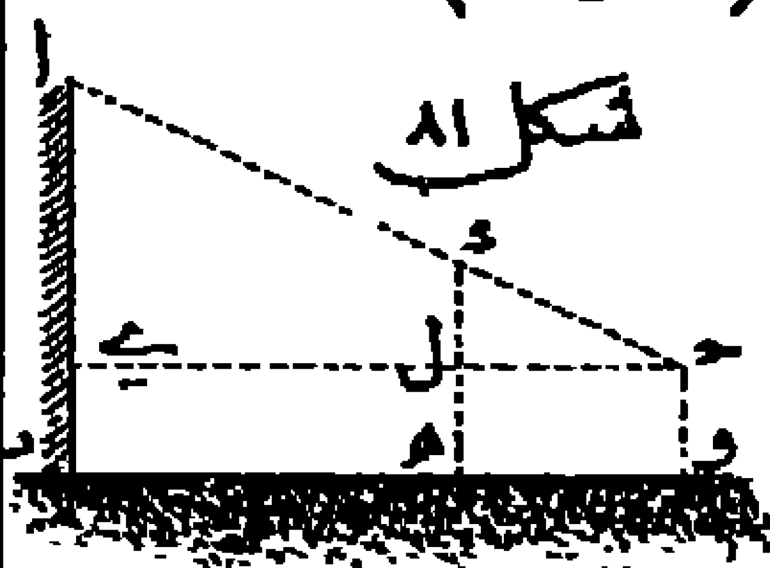
وحيث ان الطرف الثانى يمكن قياسه فيعلم ى هـ وحينئذ اذا أخذت كمية مساوية لناتج الحساب على امتداد ب ى تحصل نقطة هـ من الموازى المطلوب

بند ٨٢ ـ المسألة الثالثة ـ المطلوب تعيين عرض نهر أو ترعة بواسطة الجنزير والشاخص * لذلك يوضع شاخصان على شاطئيه فى نقطتى ا و ب بحيث يكون اتجاه الخط اب عموديا على اتجاه مجرى الماء ثم يمد اب على استقامته و يفرض على امتداده نقطة ما



ح (شكل ٨٠) ثم يمد من ح مستقيم ح هـ ويؤخذ بعدا ح ى و ى هـ متساويين ثم بعد وضع شاخص فى ى يوصل ب ى و يمد و يؤخذ على امتداده بعد ى و = ى ب ثم يوصل هـ و و ا ى فيتلاقيان فى نقطة ں ويكون و ں الممكن قياسه مساويا اب المطلوب لان مثلثى ب ح ى و هـ ى و متساويان لتساوى الضلعين والزاوية المنحصرة بينهما من الاول لنظائرها من الثانى و ينتج أن زاوية و هـ ى = ى ح ب وعليه يكون خط هـ و موازيا اح وتكون زاوية ى و ں = ا ب ى و يتساوى المثلثان ا ب ى و ى و ں لتساوى ضلع ومجاورتيه من الزوايا من الاول لنظائرها من الثانى و ينتج من تساويهما أن و ں = ا ب

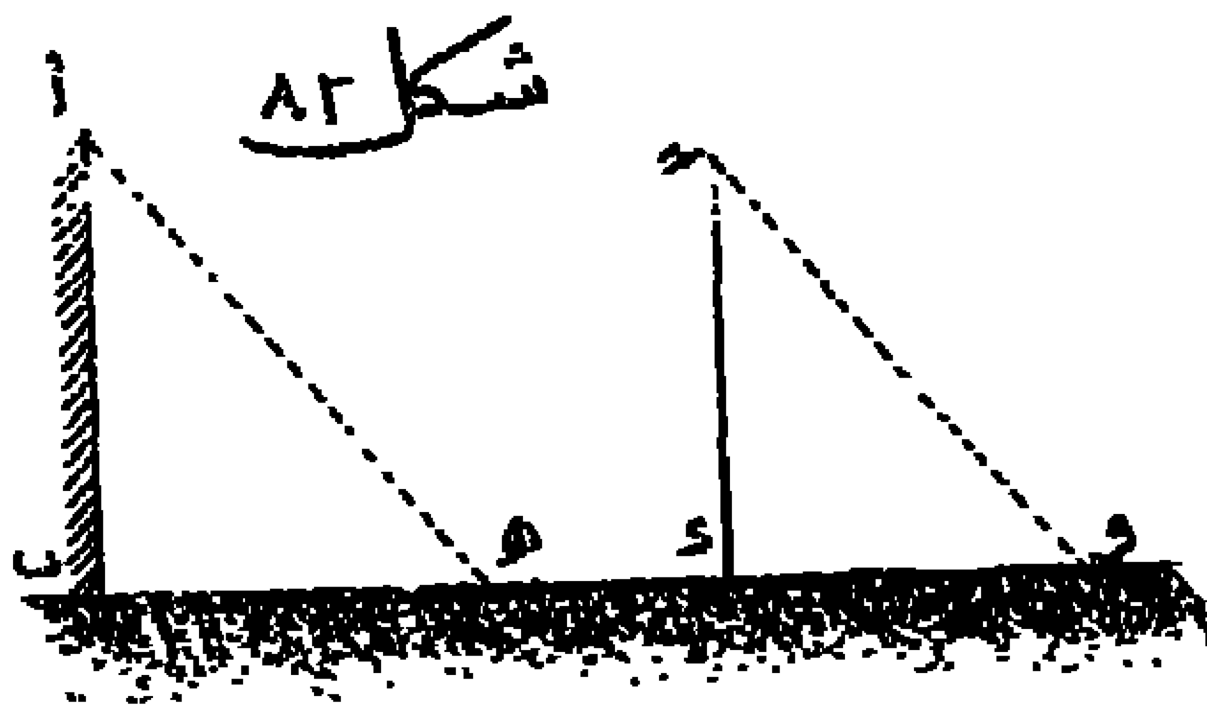
بند ٨٣ ـ المسألة الرابعة ـ المراد قياس ارتفاع بناء يمكن الوصول الى جداره كحائط أو منارة أو برج مثلا بواسطة الجنزير والشواخص (شكل ٨١)



لذلك يوضع شاخص رأسى ى هـ فى نقطة ما هـ ثم يتأخر خلفه و يغرس شاخص آخر ح و أصغر من الاول فى نقطة و بحيث تكون النهاية العليا للشاخص ح و والنهاية العليا للشاخص ى هـ وقمة البناء على شعاع بصرى واحد فاذا تصورنا مد خط ح ے من نقطة ح يوازى سطح الارض فيقابل شاخص ى هـ فى نقطة ل على ارتفاع ل هـ = ح و = ب ے ويحدث مثلثا ا ح ے و ى ح ل متشابهين ومنهما يحدث

$$ا ے = \frac{حـ ے \times د ل}{حـ ل}$$

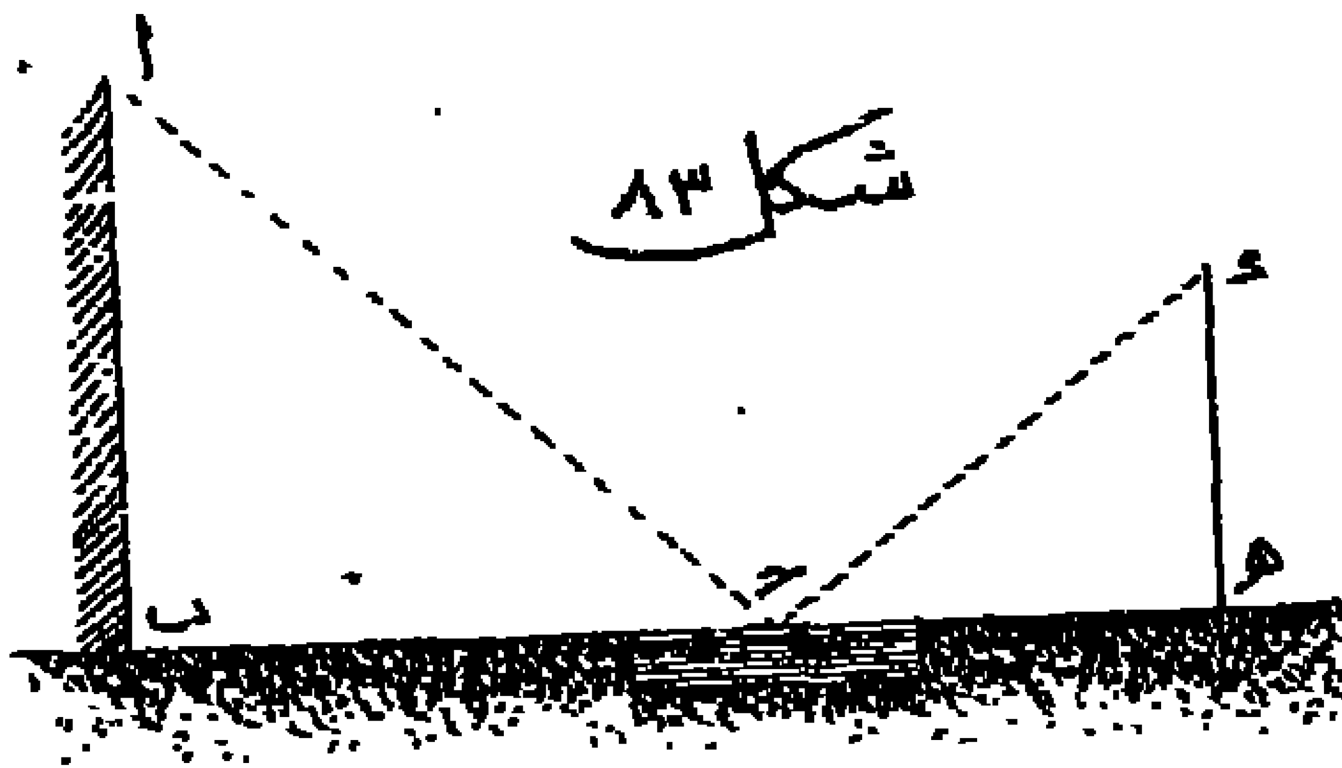
وحينئذ يمكن معلومية البعد ا ے حيث ان بعدى حـ ے و حـ ل المساوين الى و ب و و هـ يمكن قياسهما وان البعد د ل هو فرق ارتفاع الشاخصين وباضافة ارتفاع الشاخص القصير حـ و = ب ے الى ا ے يكون الناتج هو ارتفاع البناء اب المطلوب
ويمكن حل هذه المسألة بطريقة الظل بان يقال * اذا كان البناء المراد قياس ارتفاعه يحذف ظلا على الارض طوله ب هـ (شكل ٨٢)



فيوضع فى الوقت عينه شاخص رأسى معلوم الطول مثل د حـ فيحذف ظلا على الارض طوله د و فاذا توهمنا وصل خطى ا هـ و حـ و المحددين للظلين يحدث مثلثا و حـ د و هـ ا ب متشابهين حيث ان خطوط الظل متوازية والشاخص موازالبناء ومنهما يحدث

$$ا ب = \frac{هـ ب \times حـ ب}{و د}$$

وحيث ان حدود الطرف الثانى جميعها يمكن قياسها فيعلم الطرف الاوّل
ويمكن حل هذه المسألة أيضا بطريقة الانعكاس على مرآة بان يوضع على الارض مرآة مثل حـ (شكل ٨٣) وضعا أفقيا ثم تقرب أو تبعد من البناء حتى يرى فيها قمة البناء المراد قياس ارتفاعه ثم بعد



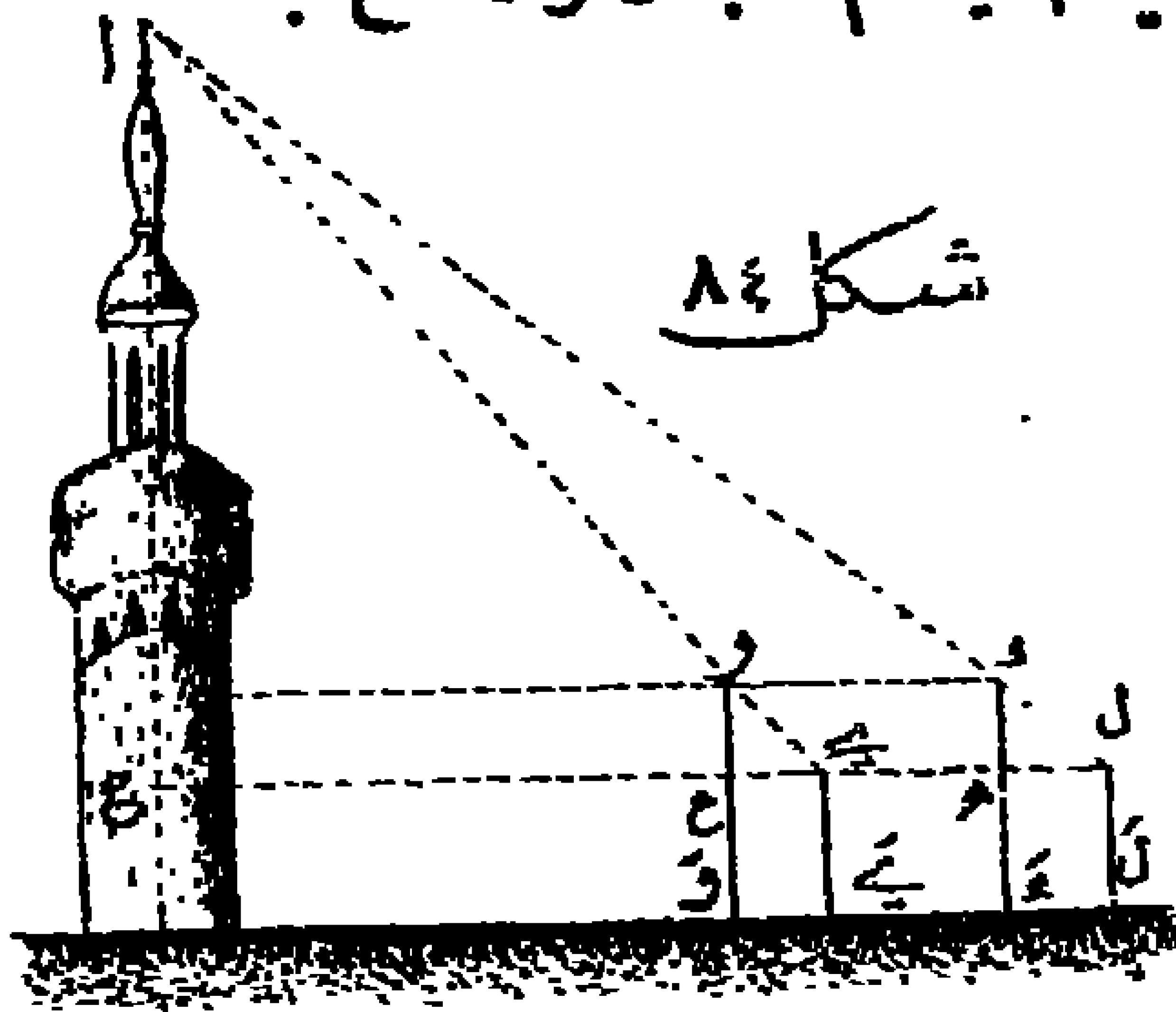
ذلك يغرس شاخص رأسى فى الارض و يقرب أو يبعد من المرآة حتى يرى طرفه العلوى فى المرآة مماسا لقمة البناء أوملاقيها فى نقطة حـ التى يمكن تعليمها على المرآة برملة رفيعة أو وضع ابرة فى اتجاه عمودى وحينئذ فيعتبر ا حـ

شعاعا ساقطا على المرآة ومنعكسا في اتجاه حـ ء وبناء على علم الطبيعة تكون زاوية السقوط ا حـ ب تساوي زاوية الانعكاس ء حـ هـ ويكون المثلثان ء هـ حـ و ا حـ ب متشابهين ومنهما يحدث

$$ا ب = \frac{حـ ب \times ء هـ}{هـ حـ}$$

وحيث ان حدود الطرف الثاني يمكن قياسها فيعلم ا ب وهو ارتفاع البناء

ـ ٨٤ ـ د ـ المسألة الخامسة ـ المطلوب



قياس ارتفاع بناء لا يمكن الوصول الى جداره (شكل ٨٤) لذلك نغرس في نقطة ما وَ شاخصا رأسيا و وَ ثم نتأخر خلفه وعلى استقامة ب وَ نغرس شاخصا آخر رأسيا أقصر من الاول ى ىَ بحيث تكون الثلاث نقط ى و و و ا على شعاع بصري واحد ثم نتأخر أيضا خلفهما وعلى استقامتهما نغرس شاخصا رأسيا مساويا للاول و وَ في الطول مثل ء ءَ وخلفه أيضا نغرس شاخصا ل لَ مساويا للثاني ى ىَ في الطول وعلى استقامته أيضا بحيث تكون الثلاث نقط ا و ء و ل على شعاع بصري واحد وحينئذ فالخط ل ى الواصل بين نهايتي الشاخصين القصيرين يكون موازيا لسطح الارض وامتداده يقطع الارتفاع المطلوب في نقطة ع على بعد ب ع = ل لَ = ى ىَ ويقطع و وَ في نقطة ع ويكون و ع فرق ارتفاع الشاخصين الصغير والكبير وكذلك خط ء و الواصل بين نهايتي الشاخصين الطويلين يكون موازيا لسطح الارض وموازيا ل ع

ومن مثلثي ا ى ع و و ى ع المتشابهين يحدث

ا ع : و ع :: ا ى : و ى ومنه

ا ع ــ و ع : ا ع :: ا ى ــ و ى : ا ى أو

ا ع ــ و ع : ا ع :: ا و : ا ى .... (١)

ومن مثلثي ا ل ى و ا ء و المتشابهين يحدث . . .

ا و : ا ے :: ى و : ل ے

وبمقارنة هذا التناسب بتناسب (١) يحدث

ا ع — و ع : ا ع :: ى و : ل ے   ومنه

(ا ع — و ع) ل ے = ا ع × ى و

وبالضرب والتحويل وأخذ ا ع مضروبا مشتركا والقسمة على عامله يحدث

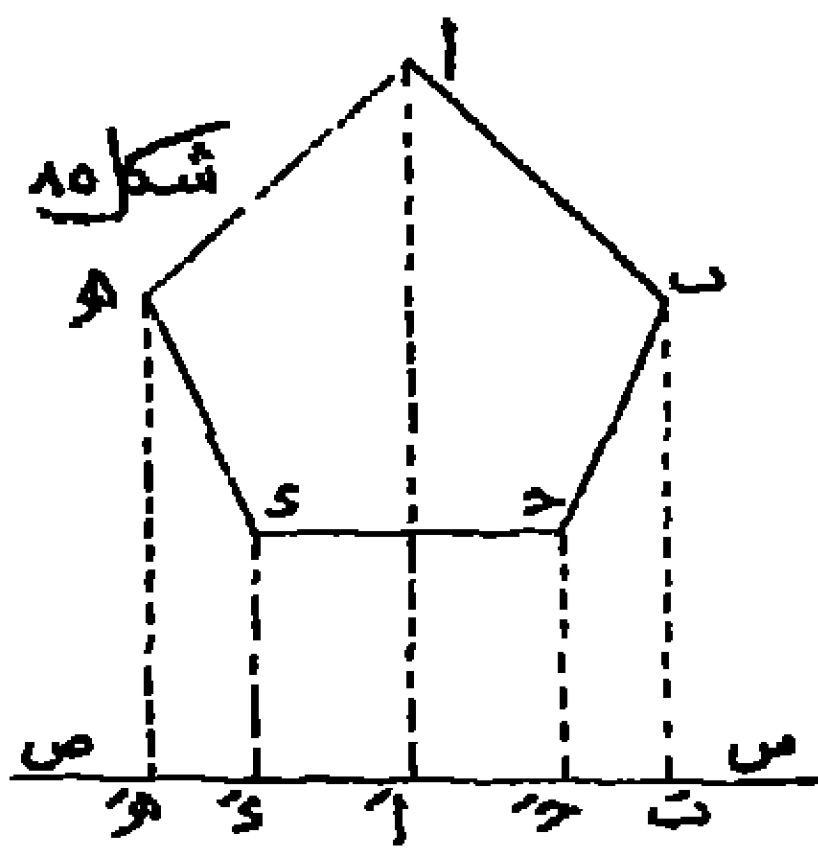
ا ع = (و ع × ل ے) / (ل ے — ى و)

وحيث ان حدود الطرف الثاني يمكن قياسها فيعلم الطرف الاول وهو ا ع الذي باضافة ارتفاع الشاخص القصير اليه ينتج البعد ا ب المطلوب

المبحث السابع

استعمال مثلث المساح لرسم قطعة أرض وعمل مساحتها

بند ٨٥ — أولا — لرسم شكل كثير الاضلاع مثل ا ب ح ى ﻫ (شكل ٨٥) مكشوف من الداخل تنتخب قاعدة مثل س ص وينزل عليها من جميع رؤس الشكل أعمدة ب بَ , ح حَ , ا اَ , ى ىَ , ﻫ ﻫَ بواسطة مثلث المساح كما في (بند ٣٨) ثم تقاس الاعمدة المذكورة بالجنزير وتقاس أيضا المسافات بَ حَ , حَ اَ , اَ ىَ , ىَ ﻫَ وبعد ذلك يسهل رسم الشكل المذكور على الورق برسم خط يفرض انه نظير س ص ثم نفرض عليه نقطة نظيرة بَ ونأخذ بالابتداء منها مسافات مساوية بَ حَ , حَ اَ الخ بعد تحويلها الى المقياس ويقام من النقط التي تتعين بهذه الكيفية أعمدة ونأخذ على الاول بعدا يساوي ب بَ محولا للمقياس وعلى الثاني بعدا يساوي ح حَ محولا للمقياس وهلم جرا ثم نوصل الخطوط المناظرة الى ا ب , ب ح الخ فيتحصل شكل يكون مشابها للشكل الموجود على الارض



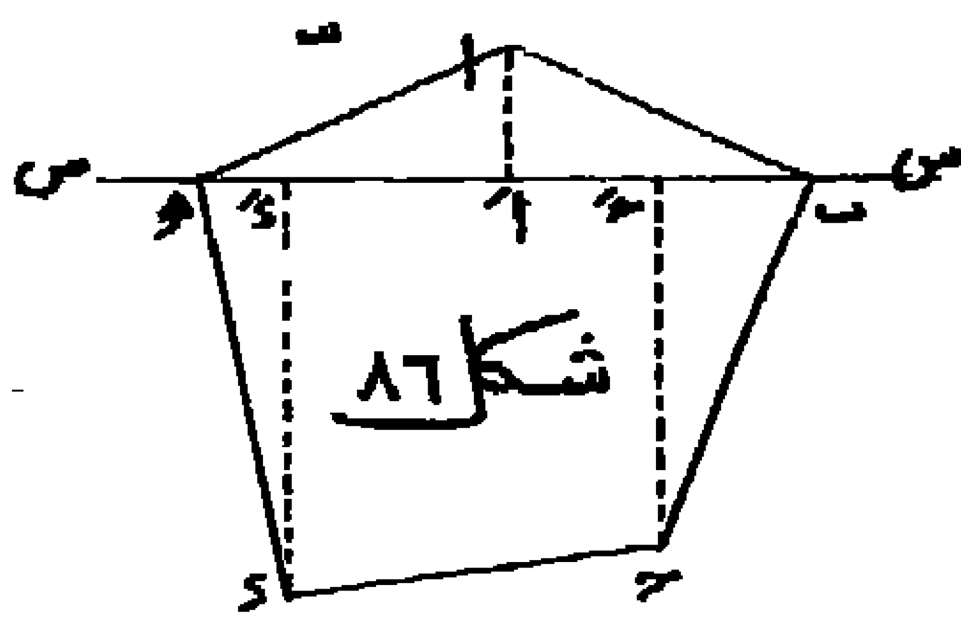
واذا أريد تعيين مساحته نأخذ مساحة شبيهي المنحرف ب بَ اَ ا , ا اَ ﻫَ ﻫ

بأن يؤخذ مساحة ب بَ اَ ا = $\frac{\text{ب بَ} + \text{ا اَ}}{٢}$ × ا اَ بمعلومية ان بَ اَ = بَ حَ + حَ اَ

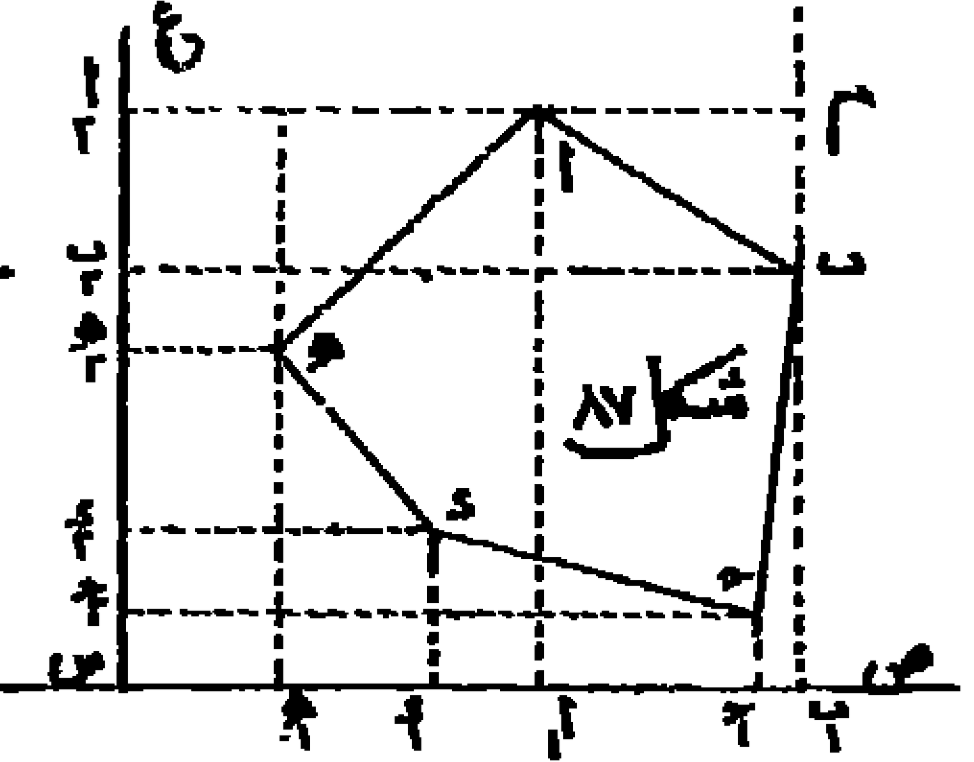
ومساحة ا اَ هَ هـ = $\frac{\text{ا اَ} + \text{هـ هَ}}{٢}$ × اَ هَ بمعلومية ان اَ هَ = اَ دَ + دَ هَ

وبجمعهما تحدث مساحة الشكل ب بَ هَ هـ ا وبطرح مساحات اشباه المنحرف الخارجة ب بَ حَ ح و ح حَ دَ د و د دَ هَ هـ من المجموع المذكور فباقى الطرح يكون هو مساحة الشكل ا ب ح د هـ

(ملحوظة) - بما ان جمع مساحات وطرح أخرى منها عند عمل أىّ مساحة غير ممدوح الا فى بعض الاحوال فالاوفق لتجنب ذلك ان تنتخب القاعدة س ص داخل الشكل بأخذها قطرا من أقطاره كما فى (شكل ٨٦) ثم من رؤسه تنزل الاعمدة ح حَ و ا اَ و د دَ وتقاس هذه الاعمدة كما سلف ثم تقاس الابعاد ب حَ و حَ اَ و اَ دَ و دَ هـ فتكون مساحة ا ب ح د هـ = ب ح حَ + حَ ح د دَ + دَ د هـ + هـ ا اَ + ا اَ ب أعنى انه صار تقسيم الشكل المراد عمل مساحته الى مثلثات قائمات الزوايا واشباه منحرف يسهل أخذ مساحاتها من معالم الرسم السابقة



٨٦ب - ثانيا - اذا كان الشكل ا ب ح د هـ (شكل ٨٧) بركة مثلا بحيث لا يمكن جوبه والقياس داخله فلرسمه يرسم مستقيما س ص و س ع متعامدين ثم ينزل من رؤس الشكل أعمدة على س ص مثل هـ هـ١ و د د١ و ا ا١ و ح ح١ و ب ب١ ثم على س ع مثل ح ح٢ و د د٢ و هـ هـ٢ و ب ب٢ و ا ا٢ ثم تقاس المسافات س هـ١ و هـ١ د١ و د١ ا١ و ا١ ح١ و ح١ ب١ وكذلك س ح٢ و ح٢ د٢ و د٢ هـ٢ و هـ٢ ب٢ و ب٢ ا٢ وبهذه الكيفية يسهل رسم الشكل المذكور على الورق ثم أخذ مساحته بالمعالم المتقدمة بعد عمل الكروكى الذى تكتب فيه الابعاد التى صار قياسها ويكون رسم الشكل به نظريا

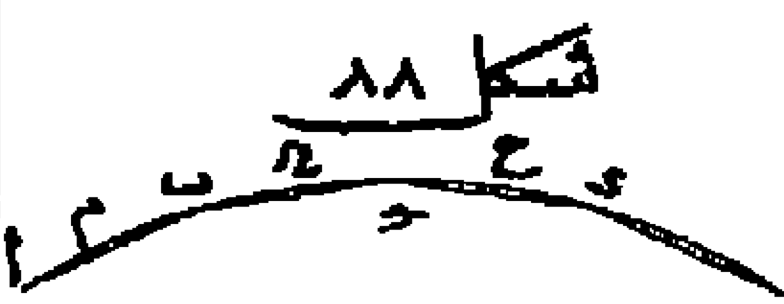


وذلك بأن يرسم مستقيمان متعامدان فى الورق مناظران الى س ص و س ع ثم بالابتداء من نقطة تقاطعهما تؤخذ ابعاد مساوية بالتعاقب الى الابعاد التى قيست بعد تحويلها بمقياس الرسم ثم تقام الاعمدة المناظرة فتتقاطع مثنى وتكون نقط تقاطعها هى نظائر نقط الشكل (وينظر لما كرو كى عند كل تقاطع) ثم توصل النقط المتصلة ببعضها فالشكل الحادث على الورق يكون مشابها للشكل الموجود على الارض

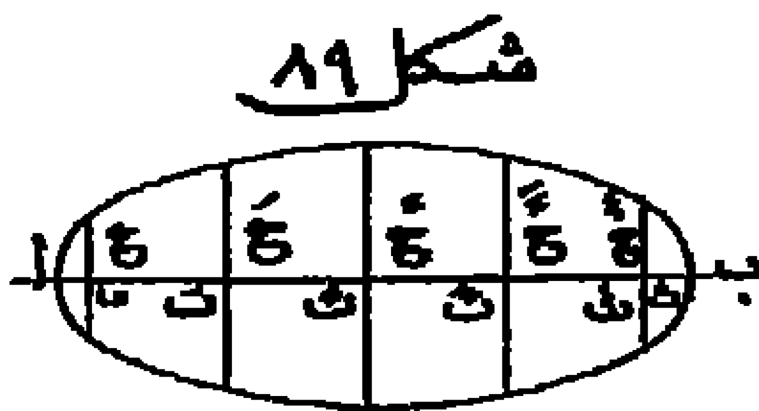
واذا كان القصد أخذ مساحته فيمد العمودان ب ب و ا ا الى أن يتلاقيا فى نقطة م فساحة شكل ا ب ح ء هـ تساوى مساحة المستطيل م ب س ا مطروحا منها مجموع المساحات الخارجية وهى ا م ب و ب ب ح ح و ح ح ء ء و ء ء هـ هـ و هـ هـ ء هـ و هـ هـ ا ا وحيث ان مساحة المستطيل معلومة وكذا المساحات الخارجية فتعلم مساحة الشكل المطلوب

بند ٨٧ ـ يسهل أخذ مساحة الشكل المذكور اذا أخذ خطا س ص و س ع المتعامدان مارين برأسين من رؤس الشكل أو أخذ أحدهما على امتداد أحد أضلاع الشكل والثانى مارا بالرأس البارز لينقص عدد المساحات الخارجية مع السرعة فى العمل

بند ٨٨ ـ اذا كان السطح المراد مساحته محدودا بخط منحن (شكل ٨٨) فيرسم داخل هذا المنحنى شكل كثير الاضلاع أضلاعه صغيرة جدا ثم تقدر مساحته كما تقدم ولم يبق الا تقدير مساحات السطوح ا م ب و ب ة ح الخ التى تقدر بتقسيم الوتر ا ب الى أجزاء صغيرة جدا بحيث تعتبر الاجزاء المنحنية المحصورة بين الاعمدة القائمة على الوتر ا ب من نقط التقاسيم كخطوط مستقيمة ثم يقدر مساحة كل شبه منحرف صغير وكل من المثلثين النهائيين كما سبق وهكذا بالنسبة الى ب ة ح و ح ع ء الخ ومجموع هذه السطوح الجزئية مضافا الى مساحة كثير الاضلاع يكون هو المساحة المطلوبة


شكل ٨٨

وتستعاض هذه الطريقة بطريقة أخرى أسهل منها مؤدية الى تقريب كاف وهى ان يرسم أكبر وتر ا ب ثم يقسم السطح بواسطة أعمدة على ا ب الى مثلثات قائمة الزوايا واشباه منحرف (شكل ٨٩) أضلاعها المنحنية تكون صغيرة جدا بحيث


شكل ٨٩

يمكن اعتبارها كخطوط مستقيمة بدون خطا محسوس فيتحصل حينئذ بالنسبة للجزء الموجود فى جهة واحدة من الوتر $\overline{\text{أب}}$ بعد الرمز الى مساحته بالرمز س أن

$$\text{س} = \text{ب} \times \frac{\text{ح}}{٢} + \text{ب}' \times \frac{\text{ح} + \text{ح}'}{٢} + \text{ب}'' \frac{\text{ح}' + \text{ح}''}{٢} + \text{ب}^{٤} \frac{\text{ح}''' + \text{ح}^{٤}}{٢} + \text{ب}^{٥} \frac{\text{ح}^{٤}}{٢}$$

واذاقسم $\overline{\text{أب}}$ الى أجزاء مساوية ب فهذا المقدار يؤول الى

$$\text{س} = \text{ب} \left(\text{ح} + \text{ح}' + \text{ح}'' + \text{ح}''' + \text{ح}^{٤} \right)$$

وفى هذه الحالة يكفى ضرب أحد أجزاء الوتر الاصلى فى مجموع الاوتار العمودية عليه وتطبق بداهة هذه القاعدة على الشكل المعتبر كله لا على الجزء الذى اعتبرناه فوق $\overline{\text{أب}}$ فقط

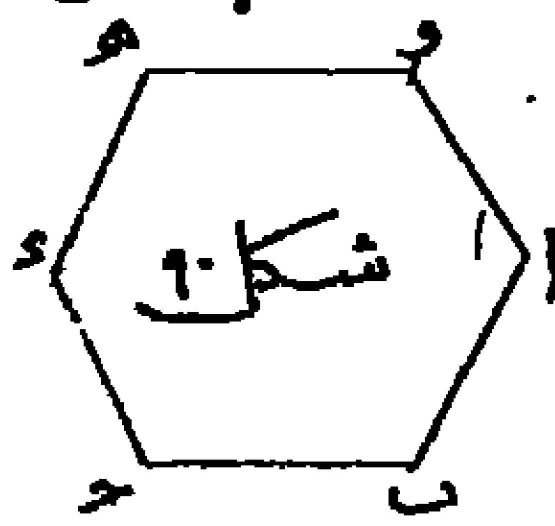
المبحث الثامن

استعمال الجرافومتر

بـ٨٩ـد ـ يستعمل الجرافومتر بمساعدة الجنزير لرسم المسقط الافقى لاية قطعة ارض ثم انه يمكن رسم شكل قطعة أرض بواسطة الجرافومتر بثلاث طرق وهى أولا طريقة اللف والدوران ثانيا طريقة التقاطع ثالثا طريقة الثبات وسنشرح استعماله فى هذه الطرق الثلاث فنقول

بـ٩٠ـد ـ طريقة اللف والدوران * لرسم أى شكل كثير الاضلاع مثل أ ب ح ء هـ و (شكل ٩٠) يلزم عمل دفتر هذه صورته

أوضاع	نقط مرصوده	ابعاد	زوايا –	زوايا ٥	ملحوظات
ا	ب	٢٠ر٥٠	٣٠	١٢٠	نقطة ا هى رأس شارع كذا ونقطة ب هى منتصف شارع كذا والعضادة الثابتة على و
ب	ح	٤٠ر٦٨	١٥	١١٢	نقطة ح هى كذا والعضادة الثابتة على نقطة ا
ح	ء				



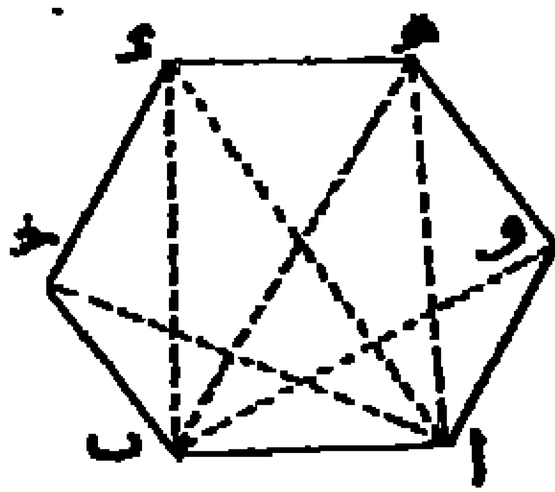
ثم يوضع الجرافومتر فى نقطة ا موفيا للشروط المتقدمة فى (بـ٤٨ـد) وتجعل حافته أفقية ثم توجه عضادته الثابتة الى نقطة و مع وضع الحافة فى جهة الزاوية المقتضى قياسها وتجعل

عضادته المتحركة مارة بنقطة ب وتقرأ الزاوية المقابلة لصفر ورنية العضادة المتحركة ولتكن ١٢٠° ٣٠′ مثلا ثم يقاس البعد أ ب ويكتب بالدفتر فى الخانة الاولى تحت لفظة أوضاع أ وفى الثانية ب وفى الثالثة طول البعد أ ب وهو ٥٠٫٢٠ مترا مثلا وفى الرابعة مقدار الزاوية بحيث يكون الدرج تحت علامة ٥ والدقائق تحت علامة — ثم تكتب فى الخانة الخامسة الملحوظات الدالة على نقطتى أ و ب وعلى اتجاه العضادة الثابتة * ثم ينقل الجرافومتر من وضع أ ويوضع فى نقطة ب كما تقدم وتوجه عضادته الثابتة الى نقطة أ والمتحركة الى نقطة ح وتقرأ الزاوية ويقاس البعد ويكتب فى الدفتر كما سبق ويستمر نقل الجرافومتر من نقطة الى أخرى بهذه المثابة الى ان تصل نقطة و ويجرى بها ما سبق

(تنبيه) — لسهولة رسم الشكل المذكور على الورق يعمل كروكى واضح به هيئة الارض مع وضع الرموز الدالة على كل نقطة عليه

بـ ٩١ ـ د — طريقة التقاطع * لرسم شكل أ ب ح ى هـ و (شكل ٩١) يبتدأ بعمل دفتر هذه صورته

أوضاع	نقط مرصوده	زوايا —	زوايا ٥	ملحوظات
أ	و	٣٠	١٣٠	العضادة الثابتة على نقطة ب ونقطة و هى كذا
	هـ	٣	١٠٣	شرحه — ونقطة هـ كذا
	ى	٠٠	٨٧	شرحه — ونقطة ى كذا
	ح	١٠	٥٧	شرحه — ونقطة ح بشارع كذا
ب	و	٢٥	٤٣	العضادة الثابتة على نقطة أ
	هـ	١٢	٦٥	شرحه — شكل ٩١
	ى	١٧	٩٣	شرحه
	ح	١٥	١٢٧	شرحه



طول القاعدة أ ب = ٢١٢٫٢٠ متر

الشكل الثانى . . . الخ

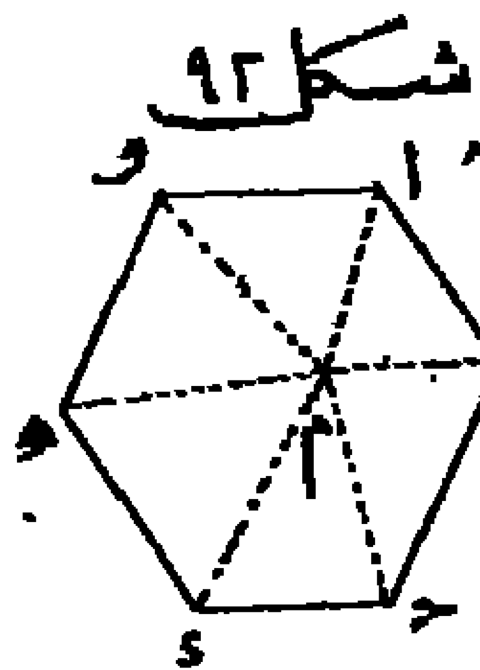
ثم يوضع الجرافومتر فى نقطة ا ويجعل أفقيا وتوجه العضادة الثابتة الى نهاية القاعدة ا ب وتقرأ الزوايا التى تبينها ورنيسة العضادة المتحركة حال توجيهها الى رؤس الشكل ولتكن الزاوية حال توجيهها الى نقطة و هى و ا ب = ٣٠َ ١٣٠ْ فيكتب تحت لفظة أوضاع ا وتحت لفظة نقط مرصودة و وتحت لفظة زوايا ٣٠َ ١٣٠ْ ثم توجه العضادة المتحركة على هـ وتقرأ الزاوية هـ ا ب ولتكن ٣َ ١٠٣ْ ويكتب فى الدفتر تحت نقط مرصودة هـ وتحت زوايا ٣َ ١٠٣ْ وهكذا الخ ثم يجر خط أفقى تحت آخر نقطة مرصودة فى الجدول وينقل الجرافومتر ويوضع فى نقطة ب موفيا للشروط السالفة وتوجه عضادته الثابتة على نقطة ا ثم يكتب تحت لفظة أوضاع ب ثم تحرك العضادة المتحركة بالتوالى على النقط و ، د ، هـ ، حـ الخ ولتكن مقادير الزوايا هى ٢٥َ ٤٣ْ و ١٢َ ٦٥ْ و ١٧َ ٩٣ْ الخ ثم يكتب فى الدفتر النقط المرصودة والزوايا المقابلة لها كما سبق فى الوضع ا ثم بعد ذلك يجر خط أفقى كما يشاهد بالدفتر ويكتب طول القاعدة ا ب وليكن ٢١٢٫٢٠ مترا

وبعد تمام ذلك اذا كانت الاشغال تقتضى فتح شكل آخر فيكون العمل فيه كما سبق وبوجود الدفتر والكروكى المبينة به صورة الاشكال الارضية يسهل رسمها على الورق

بند ٩٣ ـ طريقة الثبات ـ لرسم شكل ا ب حـ د هـ بطريقة الثبات (شكل ٩٢) يعمل دفتر هذه صورته

نقط مرصودة	ابعاد	زوايا		ملحوظات
		ـ	ْ	
ب	٢٧٫٨٠	١٥	٤٢	العضادة الثابتة على نقطة ا
حـ	٣٢٫٧٠	١٣	٨٧	شرحه
د	٢١٫٤٠	٥٥	١٧٨	شرحه
هـ	٢٥٫٦٠	١٧	٤٧	العضادة الثابتة على نقطة د
و	٣٣٫٢٠	١٦	٩٦	شرحه
ا	٢٩٫٣٠	٤٩	٨٤	العضادة الثابتة على نقطة و

شكل ٩٢



ثم ننتخب نقطة داخل الشكل بحيث تكشف رؤسه ولتكن م ونوضع الآلة فيها موفية لشروطها ثم توجه العضادة الثابتة الى احدى رؤس الشكل ولتكن ا ونقرأ الزاوية التى تبينها الورنية حينما تكون العضادة المتحركة موضوعة فى اتجاه م ب ولتكن الزاوية ١٥َ ٤٢ْ ثم يقاس خط م ب وليكن طوله ٢٧٫٨٠ مترا ثم يكتب فى الدفتر تحت نقط مرصودة ب وتحت ابعاد ٢٧٫٨٠ وتحت زوايا ١٥َ ٤٢ْ وفى الملحوظات العضادة الثابتة موجهة الى ا ثم توجه العضادة المتحركة الى نقطة أخرى مثل ح ويجرى بها ماجرى بسابقتها ثم على نقطة ى ويلاحظ انه اذا وضعت العضادة المتحركة على نقطة هـ فانه لايمكن قراءة الزاوية فحينئذ يلزم ان تدار الحافة بقدر ١٨٠ْ وتوجه عضادتها الثابتة على نقطة ى ويكتب ذلك بالملحوظات ثم تقرأ الزوايا المتعاقبة الى ان ينتهى توجيه العضادة المتحركة على كافة رؤس الشكل ويعمل أيضا كروكى موضح به هيئة الارض والاستعلامات اللازمة لسهولة رسم الخريطة

(ملحوظات)

بند ٩٣ ـ أولا ـ يلزم اشتراك الثلاث طرق معا للسهولة

ثانيا بدل ان تقرأ الزوايا المتعاقبة تقرأ بنسبة اتجاه واحد حيث انه بقراءة الزوايا المتعاقبة لابد وان يوجد خطأ جزئى فى كل منها يتجمع منه خطأ كبير

ثالثا عند تدوير الحافة يلزم تبيين ذلك بالدفتر كما انه يقتضى ملاحظة اتجاه العضادة الثابتة دائما لسهولة رسم الزوايا بالرق على الخريطة

رابعا فى الاشغال تقاس أبعاد غير لازمة لتكون كتحقيق عند الرسم

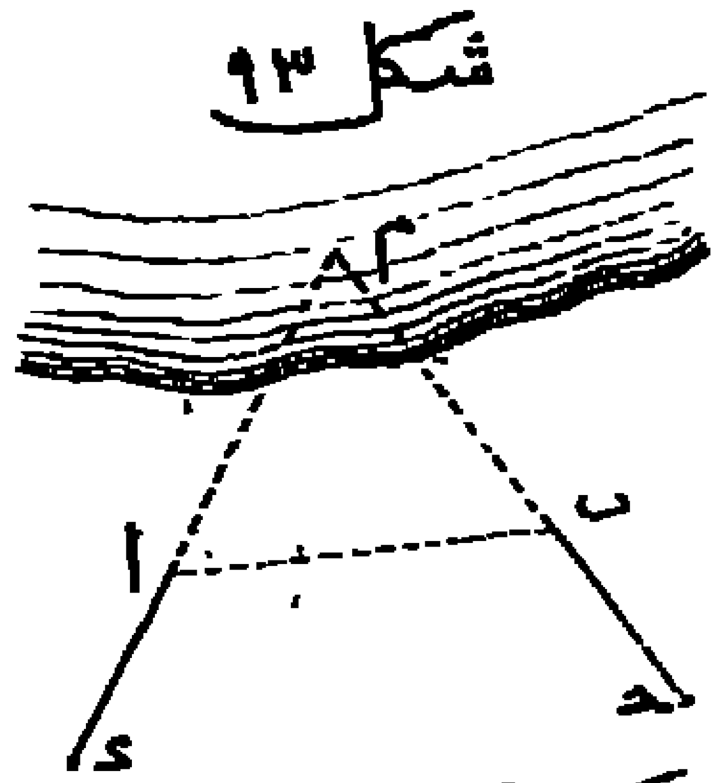
(حل بعض مسائل بواسطة الجرافومتر)

بند ٩٤ ـ المسألة الاولى ـ المطلوب قياس زاوية ب م ا الغير ممكن وضع الآلة فى رأسها بسبب مانع كبحر مثلا (شكل ٩٣)

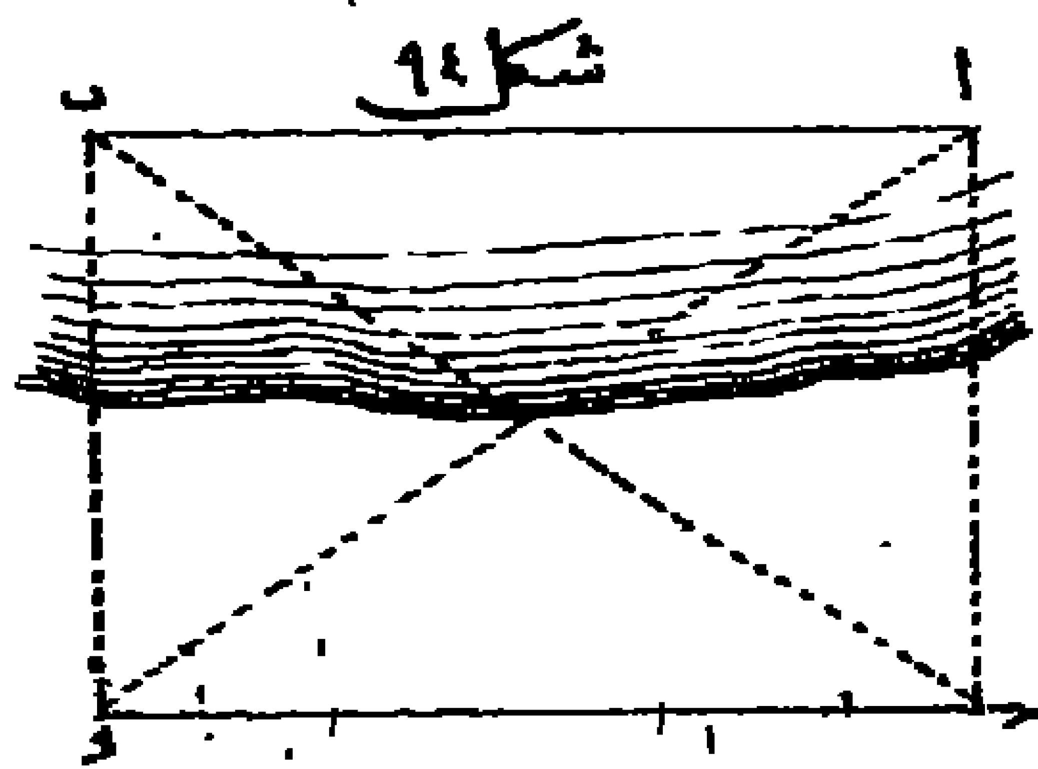
لذلك ننتخب نقطتى ب و ا على اتجاهى ضلعى الزاوية ثم يوضع الجرافومتر فى نقطة ب

وتقاس زاوية م ب ا ثم ينقل ويوضع فى ا وتقاس به زاوية م ا ب ثم يطرح مجموع زاويتى م ب ا و م ا ب من ١٨٠° فالباقى هو مقدار زاوية ب م ا

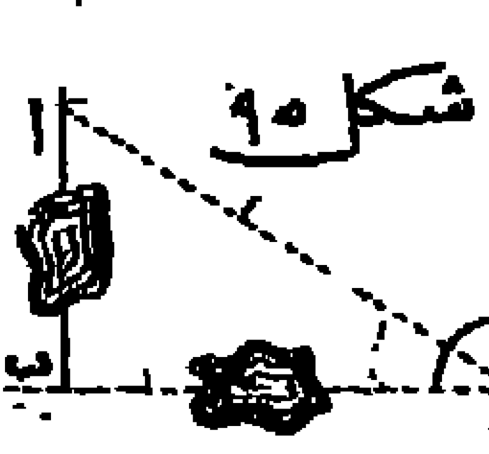
وان كانت نقطة م غير موجودة والمعلوم فقط اتجاهان ح ب و ء ا ويراد تعيين مقدار الزاوية المحصورة بينهما الواقعة رأسها ببحر أو مستنقع أو بناء لذلك تقاس زاوية ح ب ا بعد وضع الجرافومتر فى نقطة ب وتطرح من ١٨٠° فالناتج هو مقدار زاوية م ب ا ثم تنقل الآلة وتوضع فى ا وتقاس زاوية ب ا ء ويطرح مقدارها من ١٨٠° فالباقى هو مقدار زاوية م ا ب ثم تجمع زاويتا م ب ا و م ا ب ويطرح الحاصل من ١٨٠° فيكون الباقى هو مقدار زاوية م



٩٥ د ـ المسألة الثانية ـ المطلوب قياس الطول ا ب الغير ممكن الوصول اليه بواسطة الجرافومتر (شكل ٩٤) لذلك تنتخب قاعدة مثل ح ء وتقاس قياسا مضبوطا ثم توضع الآلة فى نقطة ء وتقاس زاويتا ب ء ح و ا ء ح ثم تنقل وتوضع فى ح وتقاس زاويتا ا ح ء و ب ح ء وبعد معرفة مقادير هذه الزوايا وطول ح ء يمكن رسم الاتجاهات ا ح و ح ب و ا ء و ب ء على الورق وحينئذ فبتقاطع ا ح مع ا ء تتعين نقطة ا وبتقاطع ح ب مع ء ب تتعين ب وحينئذ يعلم من الرسم طول ا ب



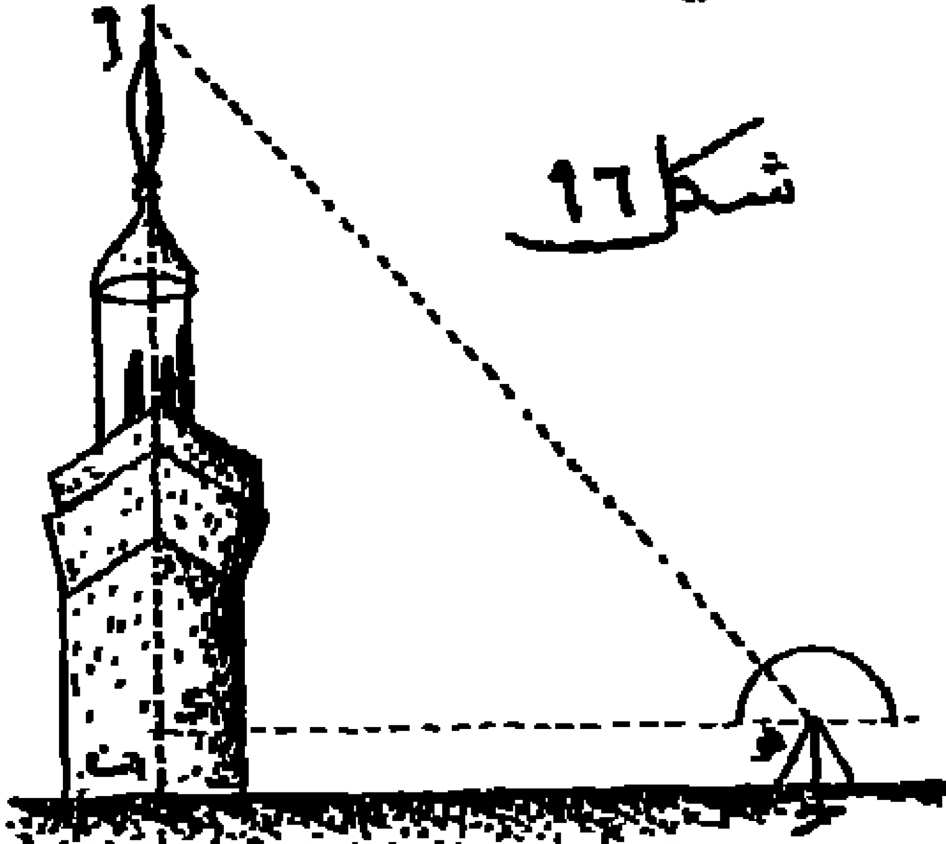
٩٦ د ـ المطلوب قياس مستقيم ا ب الممكن الوصول الى نهايتيه غير ان بوسطه مانعا (شكل ٩٥) لذلك يقام عمود من نقطة ب على اتجاه ا ب بواسطة الجرافومتر ثم تثبت العضادة المتحركة على ٤٥° ثم يتحرك بالآلة على اتجاه ب ح الى الوضع الذى فيه يكون الشعاعان البصريان الخارجان من العضادتين مارين بنقطتى ا و ب أعنى



الذى تكون فيه العضادتان فى الاتجاهين حب و ح أ فالبعد المحصور بين النقطة ب والوضع المذكور يكون مساويا أ ب حيث ان المثلث أ ب ح الحادث قائم الزاوية فى ب ومتساوى الساقين

(استعمال الجرافومتر فى قياس الارتفاعات)

بند ٩٧ المطلوب قياس ارتفاع بناء يمكن الوصول الى جداره (شكل ٩٦) لذلك يوضع الجرافومتر فى نقطة ح مثلا ثم تجعل حافته رأسية وتجعل العضادة الثابتة موازية لسطح الارض وينظر بالعضادة المتحركة لرأس البناء أ وتقاس الزاوية دهـأ ثم يقاس البعد حب المساوى دهـ وحينئذ فالمثلث أهـد القائم الزاوية يكون فيه ضلع هـد معلوما وزاوية حادة أهـد فيمكن رسمه ومعلومية أد ثم باضافته الى ب د المساوى ارتفاع نقطة هـ عن ح ينتج ارتفاع البناء



شكل ٩٦

والاوفق حل المثلث أ هـ د ومعرفة أ د بالحساب حيث ان الرسم لا يعطى طولا مضبوطا ويوجد أ د = هـ د ظا أ هـ د

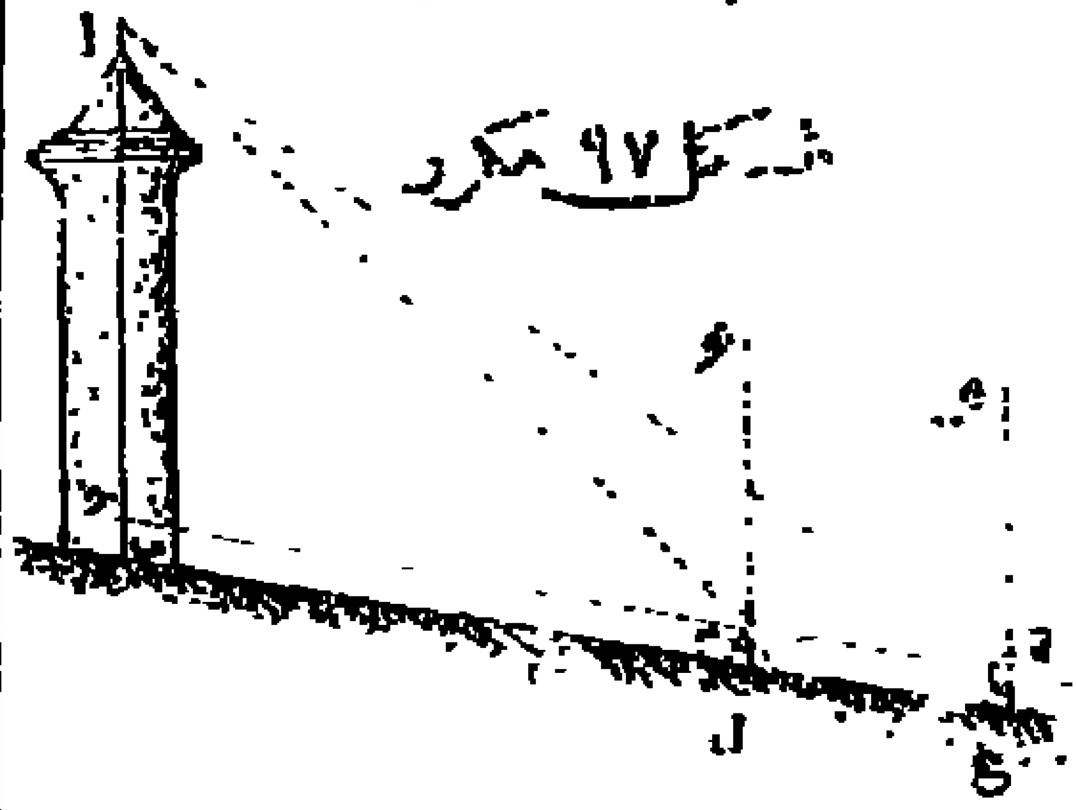
بند ٩٨ ـ المطلوب قياس ارتفاع بناء أ ب (شكل ٩٧) غير ممكن الوصول الى جداره لذلك تنتخب قاعدة مثل ح د على أرض أفقية تقريبا ثم يوضع الجرافومتر فى نقطة د وتقاس الزاوية أ هـ و الحادثة من الشعاع الواصل لأعلى البناء والشعاع الافقى فتعلم أ هـ م المكملة لها ثم ينقل الجرافومتر ويوضع فى نقطة ح ويجعل على ارتفاع مساو هـ د وتقاس زاوية أ م هـ ثم يقاس البعد د ح المساوى هـ م وحيث علم الضلع هـ م والزاويتان أ هـ م و أ م هـ يمكن رسم المثلث أ هـ م أو حله بالحساب ومن بعد ذلك اما أن ينزل العمود أ و على م هـ بالطريقة الرسمية أو يحسب أو من مثلث أ م و القائم الزاوية وبعد معلوميته أو يضم اليه ارتفاع الآلة م ح فالناتج يكون هو الارتفاع المطلوب وأما اذا كانت الارض مائلة (شكل ٩٧ مكرر) وكان سطح الارض هو ك ب

فنضع

فتضع الآلة فى نقطة مثل ل بحيث تكون العضادة الثابتة رأسية ثم يحرر بالعضادة المتحركة على رأس البناء ا ويعين على الحافة الرأسية مقدار زاوية هـ م ا المساوية م ا حـ



ثم تنقل الآلة بدون أن يغير ارتفاعها وتوضع فى نقطة مثل ح من اتجاه المستقيم المار بنقطتى ل و ب بحيث تكون العضادة الثابتة رأسية أيضا ثم يوضع شاخص رأسى فى نقطة ل و يعلم عليه ارتفاع الآلة ثم يحرر بالعضادة المتحركة على العلامة الموجودة على الشاخص المذكور فيكون ضرورة اتجاه العضادة فى هذا الوضع موازيا ح ب وحينئذ اذا تصورنا مد اتجاه العضادة الى أن يقابل المبنى فى نقطة حـ يكون الارتفاع اللازم تعيينه



هو فقط ا حـ ثم تعين الزاوية و د ا المساوية د ا حـ وحينئذ بطرح زاوية و د ا من زاوية و د حـ يكون الباقى مساويا زاوية ا د م وبطرح زاوية م ا حـ من زاوية د ا حـ تنتج زاوية د ا م وحيث علم فى مثلث ا د م زاويتا د و ا وضلع د م المساوى ح ل الممكن قياسه فحينئذ يمكن تعيين الضلع ا م اما بالطريقة الحسابية أو الرسمية و يعلم من مثلث ا م حـ زاويتا ا و م أولاهما بالرصد والاخرى حاصل بجمع زاويتى د و ا ثم الضلع م ا وحينئذ يمكن حله ومنه يتعين الارتفاع ا حـ وبضم حـ ب المساوى ارتفاع الآلة اليه يكون الناتج هو الارتفاع المطلوب

المبحث التاسع

استعمال البنطومتر

بـ ٩٩ د - يستعمل البنطومتر فى رسم المسقط الافقى لقطعة أرض بالثلاث طرق كما هو موضح فى بـ ٨٩ د وما بعده لغاية بـ ٩٥ د وان كان به دائرة رأسية فيمكن بواسطته قياس الارتفاعات أيضا كما توضح فى بـ ٩٧ د وما بعده

(نقل الزوايا على الورق)

بند — حينما تنتهى الاعمال على الارض أعنى متى قيست الزوايا والابعاد التى بها ترتبط النقط اللازمة لرسم الخريطة لايبقى علينا الارسم هذه النتائج على الورق * وحيث معلوم أن الزوايا مقدرة بالدرج وكسوره فاذا كان أحد أضلاع الزوايا مرسوما على الخريطة فيستعمل لرسم ضلعها الآخر آلة تسمى رقا أو منقلة * وهذه المنقلة عبارة عن نصف دائرة من الجلد المصنوع بالطبخ بحيث يكون شفافا رقيقا وقطر دائرته يكون فى العادة من ٠٫١٥ مترالى ٠٫٢٠ مترو أحيانا أقل أو أزيد من ذلك ومحيط هذه الدائرة يقسم الى درج وعند الامكان الى أنصاف درج ومرقوم بالابتداء من اليمين الى اليسار من ٠° الى ١٨٠° وكذلك من اليسار الى اليمين لامكان استعماله من الجهتين ثم ان الارقام مكتوبة من خمس درجات الى خمس درجات أو من عشرة الى عشرة

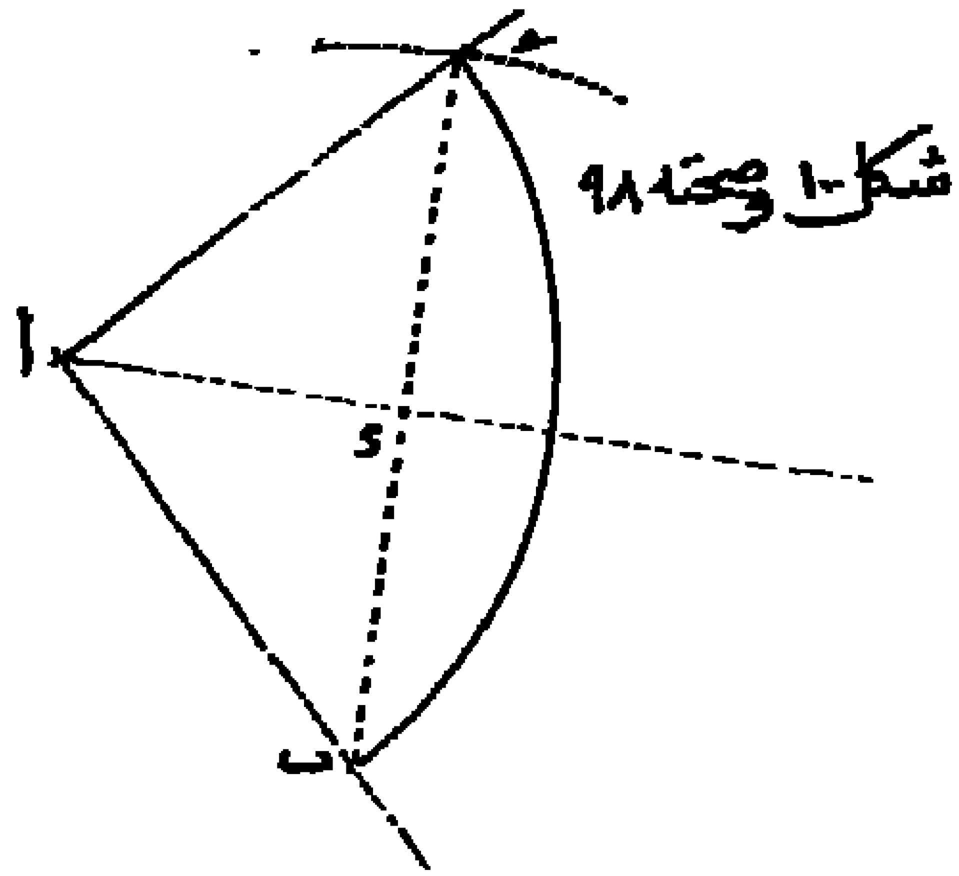
ولاستعمال هذه الآلة يطبق قطر الدائرة المار بصفر و ١٨٠° على الضلع المعلوم مع وضع مركز المنقلة فى رأس الزاوية ويعد درج الزاوية بالابتداء من الصفر الموضوع على ضلعها فى جهة انفراجها ويعلم على نهايته بنقطة ثانية فتكون هذه النقطة من الضلع الثانى للزاوية * وتصنع بعض المنقلات من النحاس الاصفر وتكون خطوط تقاسيمها متصلة بنهاية حافة الدائرة ومركزه معلم على الحافة الداخلة أو الخارجة للمسطرة المعتبرة قاعدة له

وحيث ان المنقلة لا يرسم بها الا أنصاف درج فى الغاية فلا ترسم بها الزوايا المقيسة بالپنطومتر أو بالجرافومتر حيث انها مقربة من دقيقتين وأحيانا من دقيقة واحدة الا اذا لم تتجاوز أضلاعها نصف قطر المنقلة المستعملة * لكن متى كان طول الضلع أكبر من نصف قطر المنقلة فلابد من حصول خطا فى نقل الزوايا يصل الى خمس دقائق مهما كان الاحتراس ويتسبب عن هذا الخطا الزاوى تباعد كبير للنقطة التى تكون على نهاية الضلع الثانى للزاوية كلما كبر بعدها عن رأس هذه الزاوية وحينئذ فالاوفق استعمال منقلة من المعدن لها ورنية تتحرك بواسطة برمة ربط وترتبط الورنية بمسطرة حرفها الامامى يمر بصفر الورنية وبمركز دائرة المنقلة وبهذه المنقلة ترسم الزوايا بالضبط الشافى

وعند عدم وجود المنقلة ذات الورنية يمكن رسم الزوايا بطريقة الاوتار كما سيأتى

بند ١٠١ — نفرض معلومية مقدار الوتر ب ح المطابق لزاوية ا فى المحيط الذى نصف قطره معلوم وليكن نق (شكل ١٠٠) فمن المعلوم انه اذا جعلت نقطة ا مركزا وبنصف قطر مساو نق ورسم قوس دائرة مثل ا ب ح ا ثم جعلت نقطة ب مركزا وبنصف قطر مساو للوتر المعلوم ب ح ورسم قوس آخر فهذان القوسان يتقاطعان فى نقطة ح التى اذا وصل منها الى ا تكون زاوية ب ا ح هى الزاوية المطلوبة

وحينئذ فلم يبق الا معرفة الاوتار المقابلة لكل زاوية بنسبة محيط دائرة نصف قطره مساو للوحدة لان انفراج أى زاوية لا يتعلق بنصف قطر المحيط المقيسة فيه هذه الزاوية



ولذلك ينزل من نقطة ا عمود ا ء على ب ح شكل ١٠٠ صحيفة ٩٨ فيكون منصفا الزاوية ب ا ح ومعلوم أن ب ء هو جيب الزاوية ب ا ء التى هى نصف الزاوية الكلية وهو مساو الى ح ء أعنى أن

ب ح = ٢ ب ء = ٢ جا $\frac{1}{2}$ ب ا ح

فاذا وجد جدول محسوب فيه أطوال الجيوب الطبيعية فبواسطته تحسب الاوتار بسهولة أى انه اذا أريد معرفة وتر زاوية قدرها ١١٤° مثلا يكون

وتر ١١٤° = ٢ جا $\frac{1}{2}$ ١١٤° أو وتر ١١٤° = ٢ جا ٥٧°

ومن جدول الخطوط المساحية الطبيعية يعلم جا ٥٧° الذى بتضعيفه ينتج الوتر المقابل للزاوية ١١٤° وحيث يرى فى جداول الخطوط الطبيعية أن جا ٥٧° = ٨٣٨٦٧ر٠ فيكون ٢ جا ٥٧° = ٦٧٧٣٤ر١ وحينئذ لرسم الزاوية المذكورة يؤخذ نصف القطر أب مساويا للوحدة ونصف القطر ب ح مساويا ٦٧٧ر١ والرسم بهذه الكيفية أسرع وأحسن من غيره سيما اذا لوحظ الاحتراس الزائد

وأما الزوايا المنفرجة جدا فترسم بواسطة وتر مكملتها اذا رؤى أن التقاطع حاد كثيرا بحيث توجد النقطة ح بالضبط الكافى

المبحث العاشر

في استعمال البوصلة

بند ١٠٢ ــ تستعمل البوصلة لرسم المسقط الافقي لقطعة أرض بثلاث طرق ويسهل عمل خريطة بالبوصلة بعمل كروكي تظري مبين لهيئة الارض توضح به الدلالات اللازمة لكل نقطة بتوضيحات قصيرة سهلة الفهم بحيث لايكون بشع المنظر كما انه يكتب عليه اطوال الاضلاع ومقادير الزوايا التي قيست * وبما انه لابد وأن توجد بعض نقط يلزم لها دلائل مطولة جدا فيصحب الكروكي عادة بدفتر خصوصي تبين به هذه الدلائل مع وضع نمر على نقط الكروكي مطابقة للنمر التي تؤخذ عند بيان هذه النقط بالدفتر بحيث ان الكروكي والدفتر يكونان مرتبطين ببعضهما وبواسطتهما يسهل رسم قطعة الارض المذكورة ولنشرح كيفية رسم شكل بالبوصلة بكل من الطرق الثلاث فنقول

بند ١٠٣ ــ أولا طريقة اللف والدوران ــ اذا أريد رسم شكل ا ب حـ د هـ و (شكل ١٠١) يعمل الكروكي ودفتر البيان وصورته هكذا

اوضاع	اتجاهات مرصودة	زوايا قطب شمالي	زوايا قطب جنوبي	زوايا بين الاضلاع وبعضها	اطوال الاضلاع	ملحوظات
١	ا ب	٣٠ ٤٠°	٣٠ ٢٠٠°			
				٤٥ ٩٥°	١٢٠,٦٠	شكل ١٠١ يشبه ٩٩
٢	ب حـ	١٥ ٨٠	١٥ ٢٦٠			
				٤٥ ١٤٩	١٥٧,٤٠	
				٥ ١٦٠		
٣	حـ د	٢٠ ١٤٠	٢٠ ٣٢٠			
				١٠ ٦٠	١٤٨,٧٥	
٤	د هـ	٣٠ ٢٠٠	٣٠ ٢٠			
				٣٠ ٦٩	١٢٣,٤٠	
٥	هـ و	٠٠ ٢٧٠	٠٠ ٩٠		الخ	

ثم يبتدأ بوضع البوصلة على الراسي المقام من نقطة ا موفية لشروطها كما سبق ويكتب

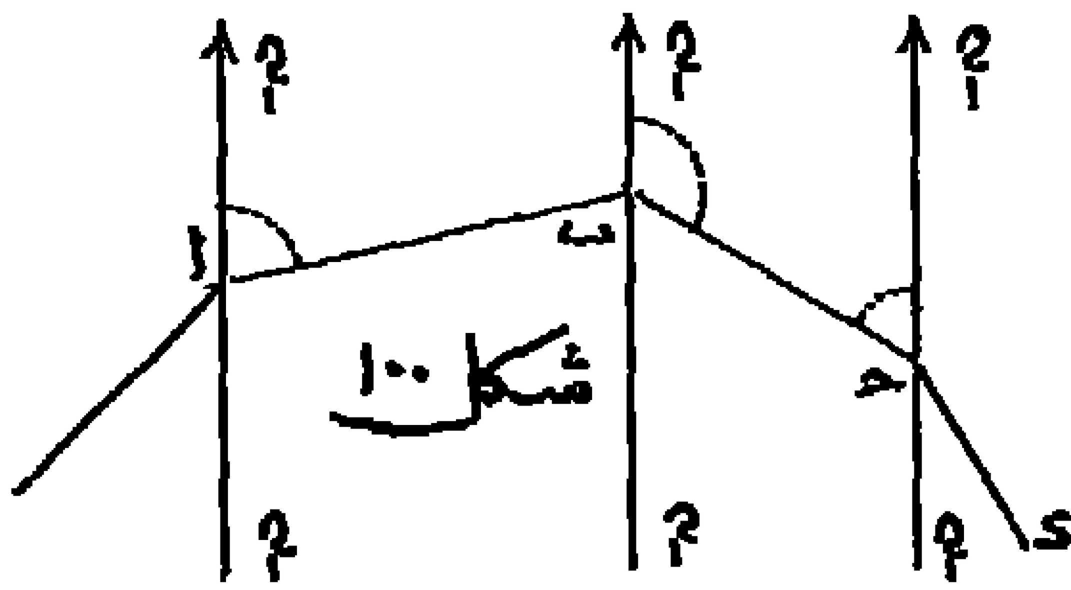
في

فى الصف الاول تحت لفظة أوضاع حرف يدل على النقطة أو نمرة تدل عليها ثم تحرر نظارة البوصلة (مع جعلها دائما على يمين الراصد) على نقطة ب وتقرأ الزاوية التى بينها كل من سنى الابرة على الحافة المقسمة ويكتب ما يقابل للسن الازرق فى الصف الثانى وما يقابل للسن الابيض فى الصف الثالث (ويلاحظ ان فرق هاتين الزاويتين يكون قائمتين دائما وان كان هناك فرق يقتضى تصحيحه ومعرفته) وبعد ذلك يقاس البعد ا ب ويكتب بين السطرين لملاحظة أنه هو البعد بين النقطة التى دلالاتها فى السطر الاعلى والنقطة التى دلالاتها فى السطر الاسفل منه ويكتب بخانة الملحوظات الدلالات الكافية لمعلومية النقطة أو يعمل كروكى صغير يبين به وضعها بنسبة النقط المجاورة لها ثم بعد ذلك تنقل البوصلة وتوضع على الراسى المقام من ب موفية لشروطها كما سبق ويكتب بالدفتر فى الصف الاول نمرة أو حرف يدل على النقطة ثم توجه النظارة رجعيا على نقطة ا للتحقيق وتقرأ الزوايا على كل من سنى الابرة فكما تقدم يلزم ان تكون قراءة السن الشمالى هى عين قراءة الجنوبى فى الوضع الاول والعكس بالعكس ومتى تحقق ذلك فتوجه النظارة على نقطة ح ثم تكتب الزوايا التى بينها كل من سنى الابرة فى الصف الثانى والثالث وبعد ذلك يلاحظ ان الزاوية الواقعة بين الاتجاهين هى فرق قراءتى السن الازرق أو الابيض على كل من الاتجاهين بمعنى ان تطرح الزاوية الكبرى من الصغرى والناتج يكون هو مقدار الزاوية الواقعة بين الاتجاهين (ويسهل تحقيق ذلك بالكروكى) فيكتب هذا الفرق بين السطرين فى الصف الرابع ثم يقاس البعد ب ح ويكتب بالصف الخامس وتكتب الملحوظات الدالة على نقطة ب ويستمر العمل هكذا بنقل البوصلة من وضع الى آخر واجراء العملية المتقدمة بكل وضع الى ان ينتهى الشكل

وتحقيق هذه العملية انه اذا كان الشكل محددا يلزم ان يكون مجموع زواياه الداخلة مساويا لقوائم بقدر عدد أضلاعه الاضلعين مضروبا بالباقى فى قائمتين

بند ٤٠١ — متى كان المهندس متعودا على أشغال البوصلة بحيث لا يخطئ فى قراءة الزوايا فبدل وقوفه فى كل من رؤس الشكل يأخذ نقطة ويترك أخرى مع أخذه فى كل نقطة يقف فيها نظرتين احداهما رجعية للنقطة الخلفية والاخرى اعتيادية للنقطة المتقدمة ويلاحظ أنه بالنسبة لتوازى الاتجاه المغناطيسى يكون مقدار نظرة النقطة

التي تركبت مكملا للمقدار الحادث لهما من النقطة التي بعدها مثلا لرسم شكل أ ب ح د هـ و (شكل ١٠٠) توضع الآلة ابتداء على الرأسي المقام من أ وتوجه النظارة نحو ب وتقرأ زاوية الانحراف ق أ ب ثم تنقل الآلة دفعة



واحدة الى نقطة ح وتوجه النظارة على نقطة ب لتحصل زاوية ق ح ب التي تكون مكملة لزاوية ق ب ح وفي مثل هذه الحالة تؤخذ نظرتان في كل وضع احداهما خلفية وهي التي تقدم ذكرها والثانية أمامية بجعل النظارة على اتجاه ح د لقراءة زاوية ق ح د وبذا يسهل العمل بالبوصلة مع عمل الكروكي ودفتر صورته هكذا

أوضاع وهي رؤس الشكل	اضلاع دلالات	اضلاع أطوال	الانحرافات بالبوصلة سن شمالي	الانحرافات بالبوصلة سن جنوبي	الزوايا التي بين الاضلاع	ملحوظات
أ	أ و	٤٩	٢١٠° ٣٧'	٣٠° ٣٧'	٦٦° ٣٩'	
	أ ب	٤٣٫٥٠	٢٧٧ ١٦	٩٧ ١٦		
ب	..	..	.. ..	..	١٥٤ ٣٦	
ح	ب ح	٧٨٫٢٥	٧١ ٥٢	٢٥١ ٥٢	٣٢ ١٥	
	ح د	٣١٫٧٠	١٠٤ ٠٧	٢٨٤ ٠٧		
د	..	..	..	..	١١٩ ٣٨	
	د هـ	٣٧٫٠٠	٢٢٣ ٤٥	٤٣ ٤٥	٢٥٤ ١٣	
	هـ و	٤٨٫٣٠	١١٧ ٥٨	٢٩٧ ٥٨		
					٩٢ ٣٩	الزوايا الداخلة للشكل
				التحقيق	٧٢٠ ٠٠	=٤×١٨٠=٨ق

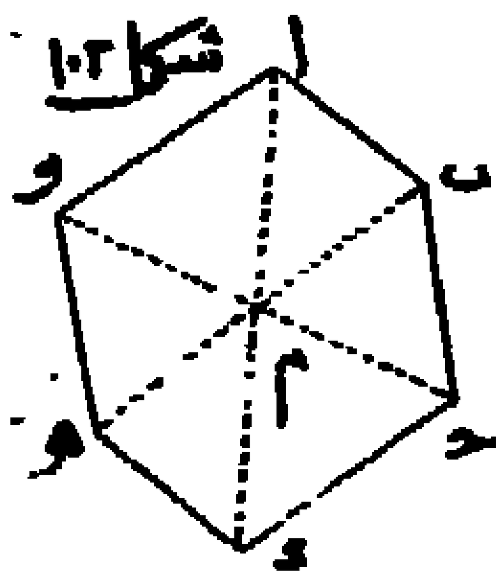
بند ١٠٥ – ثانيا طريقة التقاطع – لرسم شكل مثل أ ب ح د هـ مكشوف من

الداخل (شكل ١٠١) غير ممكن جوبه يقاس أحد أضلاعه اب مثلا قياسا مضبوطا ثم يرسم الدفتر الآتى

المواقع	نقط مرصوده	زوايا انحراف قطب شمالى	قطب جنوبى	ملحوظات
ا	ب	٣٥° ١٠'	٢١٥ ١٠	شكل ١٠١
	ح	٧٠ ١٥	٢٥٠ ١٥	
	ء	١٣٠ ٠٠	٣١٠ ٠٠	
	هـ	١٧٥ ٢٠	٣٥٥ ٢٠	
ب	ا	٢١٥ ١٠	٣٥ ١٠	
	هـ	٢٦٠ ٢٠	٨٠ ٢٠	
	ء	٣١٥ ١٠	١٣٥ ١٠	
	ح	٢٥ ٠٠	٢٠٥ ٠٠	

طول القاعدة اب = ٧٠ و ٢٣٥ متر

ثم توضع الآلة فى نقطة ا موفية لشروطها والنظارة جهة اليمين ثم توجه على كل من النقط ب , ح , ء , هـ وتقرأ الانحرافات وتقيد بالدفتر مع تسمية النقطة فى الصف الثانى وتقييد انحرافها بالصف الثالث والرابع وكتابة الملحوظات الدالة عليها فى الصف الاخير ثم تنقل الآلة من نقطة ا وتوضع فى نقطة ب موفية لشروطها والنظارة نحو اليمين وتوجه النظارة بالتوالى على رؤس الشكل وعند توجيهها على كل نقطة يكتب اسمها بالصف الثانى وانحرافها بالصف الثالث والرابع مع بيان ملحوظاتها فى الصف الاخير وعند انتهاء الشكل يجر خطان يكتب بينهما طول القاعدة و بعد ذلك تكتب نمرة شكل آخر اذا أريد عمله



بند ١٠٦ ـ ثالثا طريقة الثبات ـ لرسم شكل ا ب ح ء هـ و مكشوف من الداخل ممكن جوبه تنتخب نقطة داخله مثل م بحيث تكشف رؤس الشكل جميعها (شكل ١٠٢) ومنها يمكن

اجراء القياس لكل من الرؤس المذكورة ثم يرسم الدفتر الآتى

نقط الوضع	نقط مرصوده	زوايا انحراف قطب شمالى	زوايا انحراف قطب جنوبى	ابعاد	ملحوظات
م	ا	٥ ٢٠	١٨٥ ٢٠	٢٢٠,٤٠	
	ب	٦٥ ٠٠	٢٤٥ ٠٠	٢١٨,٦٠	
	ح	١٤٥ ١٥	٣٢٥ ١٥	١٩٨,٤٠	
	ى	١٩٥ ١٥	١٥ ١٥	٢٤٣,٢٠	
	ه	٢٤٥ ٠٠	٦٥ ٠٠	٢١٢,٣٠	
	و	٣٠٥ ٠٠	١٢٥ ٠٠	١٧٨,٩٠	

ثم توضع البوصلة فى نقطة م موفية لشروطها والنظارة نحو اليمين ويصير توجيهها على كل من رؤس الشكل وعند رؤية كل نقطة يقرأ انحرافها على كل من سنى الابرة ويكتب بالدفتر بالصف الثانى نمرة النقطة وبالصف الثالث والرابع انحرافها وبالصف الخامس بعدها عن نقطة الوضع وبخانة الملحوظات تكتب الملحوظات الدالة على هذه النقطة

(كيفية رسم الخريطة التى عملت بالبوصلة)

بند ١٠٧ ــ متى انتهت الاعمال على الارض أعنى متى تجمعت بالطرق المتقدمة العناصر الزاوية والابعاد الرسمية التى تربط النقط بعضها لم يبق الا وضع النتائج على فرخ من ورق كما هو المقصود من هذا الفن ولذلك يقال

الزوايا معلوم تقديرها بالدرج وكسوره فمتى رسم أحد أضلاع الزاوية على ورقة الرسم يستعمل لرسم الاضلاع الاخر الرق ولكن بما ان هذه الطريقة يكون بها خطأ وزيادة عمل فى معرفة مقدار زاوية الشعاعين فالاحسن حينئذ اجراء الرسم كما سيأتى

بان يبتدأ برسم مربعات على الورق تكون متكونة من خطوط رفيعة تعتبر جملة منها موازية للاتجاه المغناطيسى والجملة الاخرى عمودية عليه بحيث يكون كل ضلع من أضلاع المربعات المذكورة من ٠,٠٥ متر الى ٠,١٠ متر

وبما أن خطأ المربعات يكون سببا جسيما فى خطأ الرسم خصوصا عند رسم الاشكال

التى عملت بطريقة اللف والدوران فيلزم ضبط تعامد أضلاع المربعات مع ضبط توازى كل جملة منها ولذلك يرسم خطان متعامدان يستعملان محاور لرسم المربعات المذكورة بحيث لا يستعمل فى رسمها خلاف المسطرة والمثلث باستعمال الدوران مرارا لهاتين الآلتين لتعادل خطئهما ويكون ذلك بالاحتراس الزائد ولا يستعمل البرجل ولا البيكار ذو المسطرة لاقامة هذه الاعمدة المستطيلة حيث ان استعمالهما يؤدى الى عدم ضبط كاف بسبب لين أفرعهما او خرقهما الورق بغير تساو بواسطة سنهما

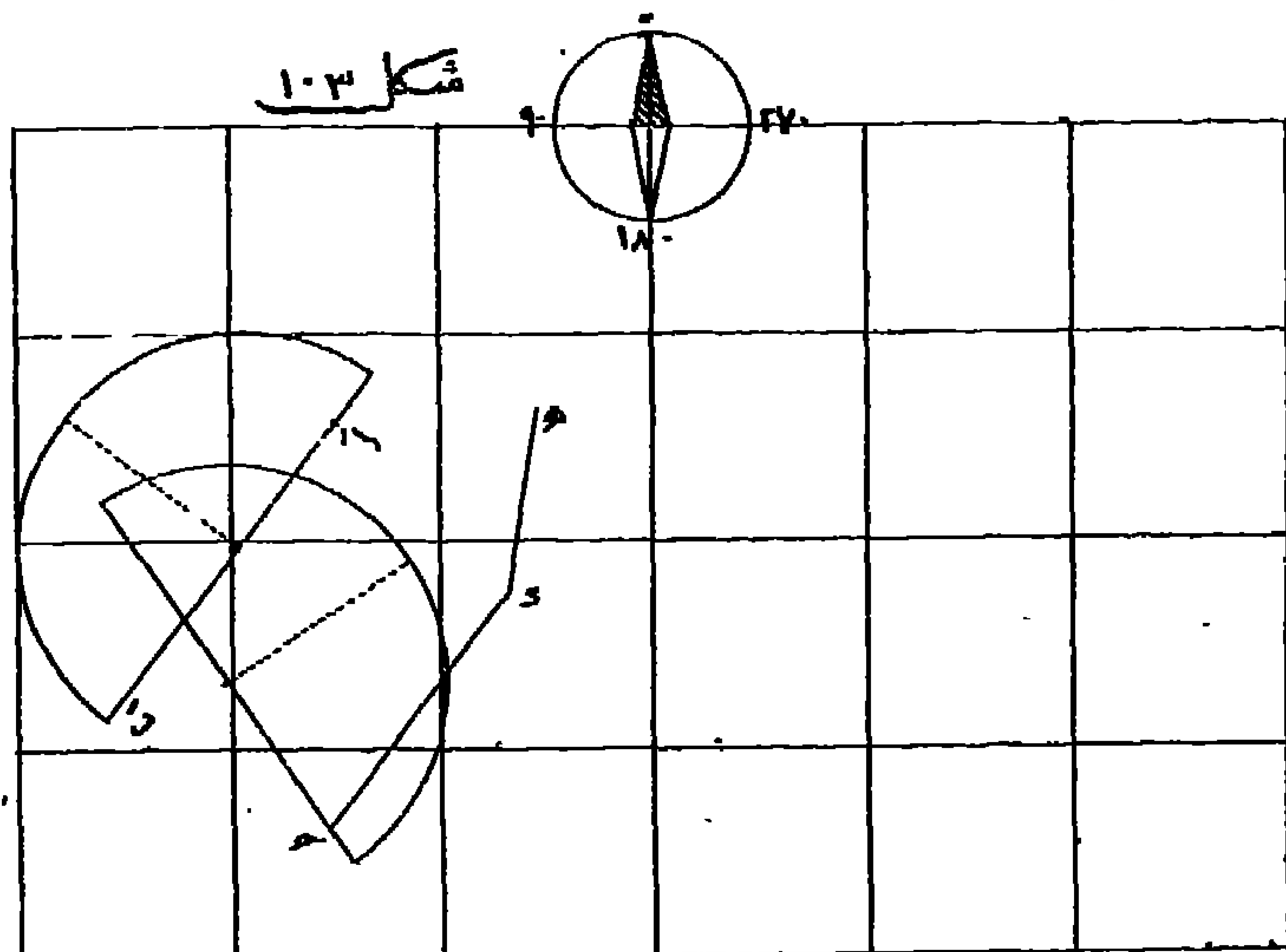
وبعد رسم خطوط المحاور تعلم نقط متباعدة عن بعضها بقدر ٠٫٠٥ متر أو ٠٫١٠ متر بحيث تؤخذ التقاسيم المذكورة بواسطة دوبل ديسيمتر مضبوط أو متر محقق حينما يكون فرخ الورق ذا أبعاد كبيرة ولا تستعمل فتحة بالبرجل وتكرر لان ذلك ينتج خطأ

وبهذه الكيفية يتحدد كل من الموازيات بثلاث نقط يلزم وجودها على خط مستقيم واحد وهذه العملية تعمل دفعة واحدة بقلم الجدول أو بالقلم الرصاص الناشف المبرى بريا رفيعا جدا ثم ترسم أضلاع الشكل الذى يراد رسمه باخذ الانحرافات الاولى والتحقيق بالانحرافات الرجعية كما سيأتى

بند ١٠٨ – نفرض للتمرين أن المقصود رسم الشكل الذى عمل باللف والدوران (بند ١٠٣) تؤخذ نقطة الابتداء ا على ورقة الرسم بحيث يلاحظ عدم خروج الرسم عن الورقة المذكورة وبما أن حافة البوصلة مقسمة من الشمال نحو الشرق الى الجنوب نحو الغرب فبدوران العلبة تأخذ الزوايا فى الازدياد مع تحريك النظارة من الشمال نحو الغرب الى الجنوب نحو الشرق فلمعلومية اتجاه الدرج اللازم أخذه للانحرافات ترسم دائرة على أحد اتجاهات الزوال المغناطيسى وتمركما هو مبين (بشكل ١٠٣) لمعلومية اتجاه ازدياد مقادير الزوايا واعتبارها للمراجعة عند أخذ مقدار أية زاوية

ثم لرسم اتجاه ضلع ا ب يقال بما أن انحرافه عن الشمال هو ٣٠َ ٢٠° يرسم من نقطة ا خط يصنع مع الشمال المغناطيسى زاوية قدرها ٣٠َ ٢٠° نحو الغرب ويتحصل ذلك بوضع مركز الرق مع قسم الحافة الذى نمرته ٣٠َ ٢٠° على الاتجاه المغناطيسى بحيث

يكون تحديب الرق نحو الشرق ثم يزلق الرق مع جعل هذا النصف قطر منطبقا على الخط الجانبي المغناطيسي الى أن يمر حرفه بنقطة ا فيجر عليه بالقلم الرصاص خط مثل اَ بَ يكون هو نظير خط ا ب (حيث ان حرف الرق. وازالقطر ٠° و ١٨٠°) مع ملاحظة أنه اذا كان الرق مقسما من الطرفين يؤخذ منها الاقسام المبتدأة من جهة اليسار ثم يؤخذ على خط اَ بَ بعد يساوى ١٢٠,٦٠ مترا محولا للمقياس فتحدث نقطة بَ نظيرة نقطة ب وبمثل ذلك يتعين كل من الاضلاع ب ح و ح د وبسهولة توجد نقطتا ح و د * ثم لرسم اتجاه د ه الذى انحرافه ٣٠َ ٢٠٠° يدور الرق بحيث يكون تحديبه نحو



الغرب ثم يجعل مركزه وغرة ٣٠َ ٢٠° على اتجاه الخط المغناطيسى ثم يصير ازلاقه أعلى وأسفل بانطباق النصف قطر المذكور على اتجاه الخط المغناطيسى الى أن يمر حرفه بنقطة ه فيعلم على حرفه بخط يكون هو اتجاه د ه

بمعنى أن تؤخذ الزاوية التى تقرأ على السن الشمالى ويطرح منها ١٨٠° ثم يوضع مركز الرق وغرة الدرج الباقى على اتجاه الخط المغناطيسى بحيث يكون الدرج نحو الجنوب وهلم جرا

وأما

وأما الاتجاهات العمودية فتستعمل لرسم الانحرافات التي تكون مقاربة للصفر أو ١٨٠° حيث انه في مثل هـذا الحالة يمكن أنه بانزلاق الرق على اتجاه الخط المغناطيسي لا يعرف بالنقطة المعلومة ففي مثل ذلك تستعمل الخطوط العمودية على اتجاه الزوال المغناطيسي وحيث ان الزوايا كانت تؤخذ بالابتداء من الشمال نحو الغرب على اتجاه الزوال المغناطيسي فحينئذ اذا اعتبر مبدأ قياسها من الغرب يطرح من مقدارها ٩٠° وتؤخذ الزاوية الباقية باعتبار أحد الاعمدة كاعتبار الزوال المغناطيسي واعتبار جهة الغرب كاعتبار اتجاه الشمال في الطريقة السابقة وحينما تكون الزاوية أقل من ٩٠° يضاف عليها ٩٠° وتؤخذ بالابتداء من الشرق وقس على ذلك

بند ١٠٩ ـ تنبيه ـ الشكل الذي رسم كان منقولا من الارض بطريقة اللف والدوران ومن مشاهدة أعماله يتضح بسهولة رسم الاشكال التي نقلت من الارض بالتقاطع أو بالثبات الا انه في طريقة التقاطع يلزم أن يبتدأ بتحديد القاعدة وعند رسم اتجاه احدى النقط من احدى نهايتي القاعدة يرسم الاتجاه الثاني من النهاية الثانية لها لتحديد موضع النقطة وان كان التقاطع من ثلاثة أوضاع يجب تحديد الاتجاه الثالث لضبط محل النقطة وهو الاحسن أما عند استعمال طريقة الثبات فيقطع على كل انحراف بعده من أول الامر للحصول على النقطة ووضع نمرة أو علامة عليها

(ملحوظات)

بند ١١٠ ـ أولا ـ قد جعلنا بالدفتر نمرة خصوصية توضع بها مقادير الزوايا الواقعة بين الاشعة وبعضها للتسهيل على من لم يكن متعودا على رسم المربعات بالضبط وبذلك يرسم الشكل بعملية مشابهة لرسم الاشكال المنقولة بالبنطومتر أو بالجرافومتر

ثانيا ـ يمكن للرسام أن يرسم على ورقة الرسم خطا واحدا يكون هو اتجاه الزوال المغناطيسي ثم من نقطة الوضع المفروضة يرسم خط موازله بالاعتناء الزائد وعلى هذا الخط تؤخذ زوايا الانحراف بتطبيق نصف قطر الرق المار بصفر الدرج على هذا الاتجاه ويعلم على نهاية درج الزاوية بملاحظة أن الزوايا التي تكون أقل من ١٨٠° على السن

الشمالى للابرة يكون تحديب الرق جهة الغرب وصفر الدرج نحو الشمال وان التى تكون أكبر من ١٨٠° يطرح منها فاعتنان ويؤخذ الباقى بالرق كما سبق بحيث يكون صفره نحو الجنوب وتحديبه نحو الشرق ثم عندا يجاد نقطة وضع أخرى يرسم منها خط موازٍ للزوال المغناطيسى وبهذه النقطة يجرى العمل كما سلف ويلاحظ تبيين جهة الشمال بسهم لعدم السهو

ثالثا — تقاسيم الرق تكون مضبوطة وقطره المار بصفر و ١٨٠° يكون موازيا لحرفه الذى تجر عليه الخطوط للحصول على رسم مضبوط

وحيث ان تقاسيم الرق تجرى عادة بآلات مضبوطة فلم يبق علينا الا تحقيق كون حرفه موازيا للقطر المار بصفر الدرج ولذلك يرسم خطان متعامدان بالضبط مثل أ ب و حـ ء ثم يوضع مركز الرق على حـ ء مع تطبيق حرفه على خط أ ب فان كان نصف القطر المار بدرجة ٩٠° منطبقا على حـ ء (شكل ١٠٤) يكون الرق محققا وبخلاف ذلك يكون به خطأ يجب معلومية مقداره واتجاهه ويكون مساويا بالفرق القراءة المنطبقة على حـ ء من ٩٠° ومتى كانت الزاوية المنطبقة على حـ ء أقل من ٩٠° كان ميل حرف الرق نحو الصفر بقدر الفرق وبالعكس اى متى كانت الزاوية المنطبقة على حـ ء أكبر من ٩٠° كان ميل حرف الرق نحو ١٨٠° بقدر الفرق

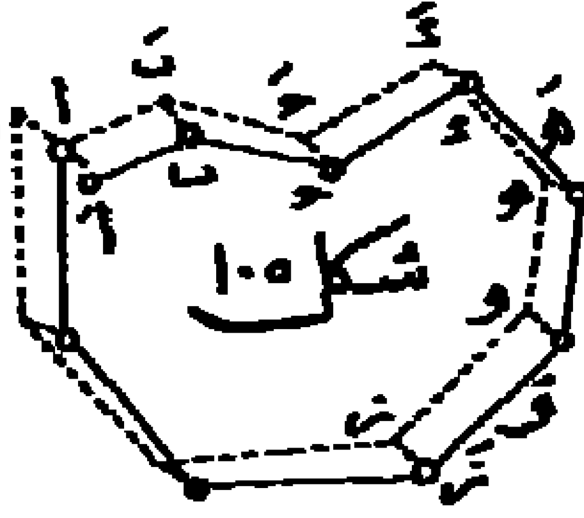
شكل ١٠٤ (أ، ب، حـ، ء)

وباجراء الرسم بالطريقة المبينة (فى بند ١٠٨ـد) أى بجعل صفر الرق فى جهة واحدة نحو مبدا الزوايا دائما فان خطأه لا يؤثر على مفردات الرسم بل ينشأ عنه فقط انحراف عمومى للزوال المغناطيسى بقدر زاوية ميل حرف الرق على القطر المار بصفر و ١٨٠° لان زاوية هذا الخطا اما أن تكون مطروحة أو مضافة لكافة الزوايا وبذلك تكون الزوايا الواقعة بين أضلاع الشكل حقيقية دائما أما ان جعل صفر الرق تارة فى جهة وتارة فى أخرى فيحصل خطأ حيث ان زاوية الخطا تكون تارة مطروحة من احدى الزوايا وتارة مضافة لاخرى وبذلك تكون الزوايا الواقعة بين الاضلاع غير حقيقية

(تحقيق

(تحقيق اللف والدوران وخطأ قفل الشكل)

ب ١١١ د ـ متى رسمت خريطة منقولة بالبوصلة بطريقة اللف والدوران يلاحظ دائماً اتصال الرسم بنقطة مبدئه لكن عدم الضبط الذى لا يمكن تجنبه فى الرسم على الورق وفى النقل من الارض ينتج منه عدم قفل الشكل بالضبط بكمية مثل أ أَ (شكل ١٠٥) مقدارها يتغير وأحياناً يوجد فى الرسم عدة خطآت كبيرة يمكن ان تتعادل بحيث يقفل الشكل أو يبقى خطأ مقبول وحينئذ يلزم دائماً اعادة رسم الشكل مرة ثانية بالانحرافات التى قرأت على السن الجنوبى ثم مرة ثالثة



بالانحرافات الرجعية ومتى تحقق انه لا يوجد خطأ فى الشكل أو كان به خطأ مقبول فيصلح قفله كما فى (ب ٧٢ د) وان وجد بعد اجراء التحقيقات المتقدمة أن به خطأ غير مقبول فتعاد العملية على الارض بدون ان ينظر العامل الدفتر الاصلى والاحسن اعادة العملية بعامل آخر حيث يتأتى ان العامل الاول يكرر الخطأ بعينه فى العمليتين و يلزم العامل الثانى أن يتنبه لمعرفة ان كان الخطأ فى الزوايا أو فى الاضلاع فان وجد أن أحد أضلاع الشكل موازلخط أأَ فيقيس طول وانحراف الضلع المذكور مرة أو مرتين أو أكثر على الارض اذ ربما كان الخطأ به وأيضاً اذا وجدت أضلاع عمودية على أأَ فيجرى تحقيق طولها وانحرافها على الارض وعلى الورق أيضاً

ومتى تحقق انقفال الشكل فيلاحظ ان خطأ اللف والدوران لا يزيد عن ٠,٠٠١ فى شكل يكون عدد أضلاعه نحو عشرين ضلعاً بحيث يكون الطول الرسمى لكل منها من ٠,٠٠٤ متر الى ٠,٠٠٥ متر

وللوصول الى هذه النتيجة يلزم أخذ انحرافات خطوط توصل زوايا غير متجاورة من الشكل وتقاس أطوال هذه الانحرافات ان أمكن

(كيفية ربط الرسم بنقطة من خريطة مثلثية)

ب ١١٢ د ـ أحياناً تكون مبدأ الاعمال نقطة شهيرة مأخوذة بخريطة مثلثية ووضعها يكون معيناً على الخريطة بعمليات مثلثية لكن هذه النقطة لا يمكن وضع الآلة فيها

كرأس منارة مثلا فاذا ربطها مع الشكل الذى يرسم باللف والدوران تؤخذ النقط ع وف وط (شكل ١٠٦) القريبة منها ثم تقرأ الانحرافات ع ع وف ع وط ع وبها يمكن ربط الشكل ع ف ط بالنقطة ع المعلومة على الخريطة ولذلك يرسم أولا من النقطة ع الانحراف الرجعى لخط ع ع وعلى الاتجاه الناتج تنتخب نقطة اختيارية مثل عَ تفرض مؤقتا أنها هى النقطة ع ثم يرسم عَ فَ وفَ طَ وطَ عَ بالانحرافات التى رصدت للاتجاهات ع ف وف ع وط ف وط ع فالاتجاهات الثلاث

شكل ١٠٦

عَ عَ وفَ عَ وطَ عَ يلزم ان تتقاطع فى نقطة واحدة كنقطة ع تكون هى الوضع النسبى للنقطة ع وحينئذ يؤخذ الطول ع عَ بالابتداء من نقطة عَ الى عَ فنقطة ع تكون هى الوضع الحقيق المطلوب وتستعمل كوضع أولى للرسم باللف والدوران

(الشروط التى يلزم ان تستوفيها الخريطة البوصلة)

بند ١١٣ ـ للحصول على خريطة مضبوطة بالبوصلة يلزم استيفاء الشروط الآتية

أولا ـ ان أضلاع اللف والدوران يلزم ان لا يتعدى طولها على الرسم ٠٫٠٧ متر ولا يقل عن ٠٫٠٢٥ متر مهما كان المقياس

ثانيا ـ يلزم ترتيب الاعمال بحيث ان عدد أضلاع كل شكل لا يتعدى العشرين ضلعا ويكون الشكل مقفلا وان مجموع أضلاع الشكل فى الرسم يكون محصورا بين ٠٫٨ متر و ١٫٠٠ متر

ثالثا ـ يلزم قراءة انحراف كل ضلع مع قراءة انحرافه الرجعى ويصير تعديل الخطآت الناتجة من الآلة مباشرة وقت العمل

ومتى لوحظت هذه الاحتراسات فلا يحصل خطأ فى القفل أزيد من ٠٫٠٠١ متر على شكل مجموع أطوال أضلاعه الرسمية ١٫٠٠ متر وهو خطأ مهمل

المبحث الحادي عشر

في البلانشيطة

١١٤ د ـ البلانشيطة هي احدى الآلات المهمة المعدة لرسم خريطة طبوغرافية بسهولة جدا والرسم الذى يعمل بها يكون مضبوطا ويتحقق عند العمل مباشرة وهي تتركب من تختة تثبت عليها ورقة الرسم تكون مستوية على قدر الامكان ومركبة من عدة ألواح من خشب معتدل الالياف مرتبطة مع بعضها بالتعشيق ومثبتة بالغراء لاجل ان لا تنحني من تتابع تأثير الحرارة والبرودة عليها وهذه التختة تكون مربعة أو مستطيلة وطولها من ٠٫٥٠ متر الى ٠٫٦٠ متر أو ٠٫٨٠ متر وعرضها من ٠٫٤٠ متر الى ٠٫٥٠ متر أو ٠٫٦٠ متر ويكون لها سمك كاف في تحملها التأثيرات المختلفة

وتحمل التختة على رجل ذات ثلاث شعب كل منها مركب من فرعين ومنتهية بحربة من أسفل لسهولة غرسها في الارض ثم ان الشعب الثلاث تجمع من أعلى بما يسمى بالركبة وهذه الركبة على أنواع مختلفة بحيث انها تعطى للوح حركة ميلان في جميع الجهات وحركة دوران حول مركزه وأحيانا حركة انزلاق بالتوازى لنفسه وتصحب التختة بعضادة للتحرير ورسم الاتجاهات * ثم ان البلانشيطة توضع في نقطة الوضع موفاة للثلاثة شروط مهمة وهي

أولا ـ ان تكون التختة أفقية لان الرسم المقتضى عمله يكون هو المسقط الافقي للارض بقياس محدود

ثانيا ـ مسامتة أعنى أن نقطة الوضع على التختة ونظيرتها على الارض يكونان على خط رأسى

ثالثا ـ يلزم أن تكون البلانشيطة محروفة بمعنى ان كل خط من البلانشيطة مارا بنقطة الوضع يكون في المستوى الرأسى المار بنظيره على الارض

ومتى كانت البلانشيطة في نقطة الوضع مستوفية للشروط الثلاثة المذكورة فانه اذا اتجهت الاشعة البصرية بالتعاقب على الشواخص حود الخ (شكل ١٠٧) المغروسة رأسيا بدوران العضادة حول النقطة المعلمة بابرة رأسية مثلا يستند عليها دائما حرف المسطرة فان الخطوط أحَ و أدَ الخ المرسومة بطول حرف المسطرة تكون هي

المساقط الافقية للخطوط الارضية اح و اء الخ
وحينئذ فترسم الزوايا ب اح و حاء محولة للافق
بدون معلومية مقاديرها الرقية وبدون مساعدة
الرق أو أى طريقة أخرى رسمية وهذا هو المقصود
من الرسم بالبلانشيطة

شكل ١٠٧

ولنوضح الكيفيات المختارة لتركيب ركبة البلانشيطة للحصول على هذه النتيجة

بند ١١٥ ـ البلانشيطة ذات الطربوش الكروى ـ هى أحسن التركيبات وأبسطها وأمتنها وصورتها مبينة فى (شكل ١٠٨) وتتكون من رجل ذات ثلاث شعب وتحمل اللوح بواسطة صنيتين غير متساويتى الابعاد فالصنية السفلى ح وهى الصغيرة مقورة من جزئها السفلى بتقوير كروى ترتكز على جزء كروى من النحاس الاصفر يحمل مباشرة على رأس الرجل بواسطة مخروط ناقص مجوف قاعدته الكبرى أعلى وبالصنية السفلى ساق ينفذ داخل هذا المخروط وينتهى بصامولة متى ربطت ضمت الجزأين الكرويين وبالعكس متى فتحت تكون التقويرة العليا حرة الحركة على الجزء الكروى

شكل ١٠٨

وهــذا التركيب يعطى الركبة أو اللوح حركة ميلان متى فتحت صامولة الساق المثبت في مركز الصنية نافذا من فتحة الجزء النحاس ورأس الرجل

والصنية الكبرى العليا ح تكون ثابتة مع التختة بواسطة برم عادية وتربط هذه الصنية مع الصنية السفلى بمسمارين يضمان قطعتين من النحاس على دائر الجزء العلوى من الصنيـة السفلى بحيث متى ربطا ترتبط الصنيتان ببعضهما ومتى فك المسماران يمكن تحريك اللوح حركة دورانية حول ساق رأسي ظاهر من مركز الصنية السفلى ويدخل فى ثقب مصنوع فى الصنية العليا وهـذا التركيب يسهل وضع البلانشيطة فى نقطة الوضع

١١٦ د ـ وضع البلانشيطة فى نقطة الوضع ـ أول شئ يقتضى عمله هو التحقق من ان الجزأين الكرويين المحركين للركبة يكونان ساترين بعضا بالضبط وتكون الصامولة مربوطة ربطا محكما

ومتى علم ذلك تحمل البلانشـيطة وتوضع فوق النقطة الارضـية المعتـبرة نقطة وضع ثم بواسطة أرجلها توفى شروطها الثلاثة المتقدمة بالنظر تقريبا ثم تصلح بالطريقة الآتية

أولا ـ تسامت البلانشـيطة ـ قبل تميم التسامت تحرك البلانشـيطة بالنظر ثم تربط صامولة الساق المركزى ويقف الراصـد بحيث يكون الخط الواصـل من عينـه للابرة المغروسة رأسيا فى نقطة الوضع البلانشيطية موازيا لاحد أضلاع التختة ثم يجعل مستويا مارا باحدى عينيه وبخيط الشاقول وبالابرة (أى يكون الخيط ساترا للابرة والمحور الوتد) وذلك بتحريك البلانشيطة يمينا أو يسارا مع ملاحظة الانحراف بالنظر

وبعــد ذلك ينتقل الراصد فى وضع بحيث يكون المسـتوى الرأسى الذى يمر بعينه وبخيط الشاقول وبالابرة عموديا على المسـتوى الاول أى موازيا للضلع الثانى من التختــة ويجرى العمل المتقـدم مع ملاحظة الانحراف النظرى فى كل لحظة ثم يتحقق ثانيـا من المستوى الاول وهكذا حتى تصير النقطتان فى كل من المسـتويين الرأسيين المتعامدين وحينئذ تكونان على خط واحد رأسى

وأحيانا يستعمل للتسامت ماشة من الصلب أو من النحـاس طرفاها متساويان أسفلهما

به خطاف يعلق به خيط الشاقول وكيفية اجراء التسامت أن تفتح شعبتا الماشة وتدخل التختة بينهما من أقرب بعد للابرة الى أن يكون طرف الشعبة العليا للماشة مماسا للابرة لخيط الشاقول بحدد الخط الرأسي المار بالابرة وحينئذ تحرك البلانشيطة بواسطة أرجلها مع ملاحظة الانحراف الى أن يمر خيط الشاقول بمحور الوتد ويلاحظ أن هذه العملية يستحيل اجراؤها متى كانت النقطة البلانشيطية قريبة من مركز التختة

ثانيا — وضع البلانشيطة أفقية — لذلك تقفل الصامولة السفلى التي تعطي للركبة حركة الميلان ثم توضع روح التسوية موازية لاحد أحرف التختة قريبة من وسطها وبواسطة الضغط على التختة من الجهة المرتفعة فيها فقيعة روح التسوية تجعل الفقيعة في الوسط ثم توضع روح التسوية في اتجاه عمودي على الاول وبالكيفية المتقدمة تجعل الفقيعة في الوسط وتكرر العملية مرارا الى أن تصير الفقيعة في الوسط في وضعين متعامدين فتربط حينئذ الصامولة ربطا قويا لتثبت التختة وللسهولة تستعمل روح تسوية كروية تثبت على مسطرة العضادة ويكفي حينئذ جعلها في وضع اختياري فوق التختة وبواسطة حركة الركبة تجعل الفقيعة وسط الدائرة المعلمة على زجاجتها ومتى كانت روح التسوية مضبوطة فالتختة تكون أفقية

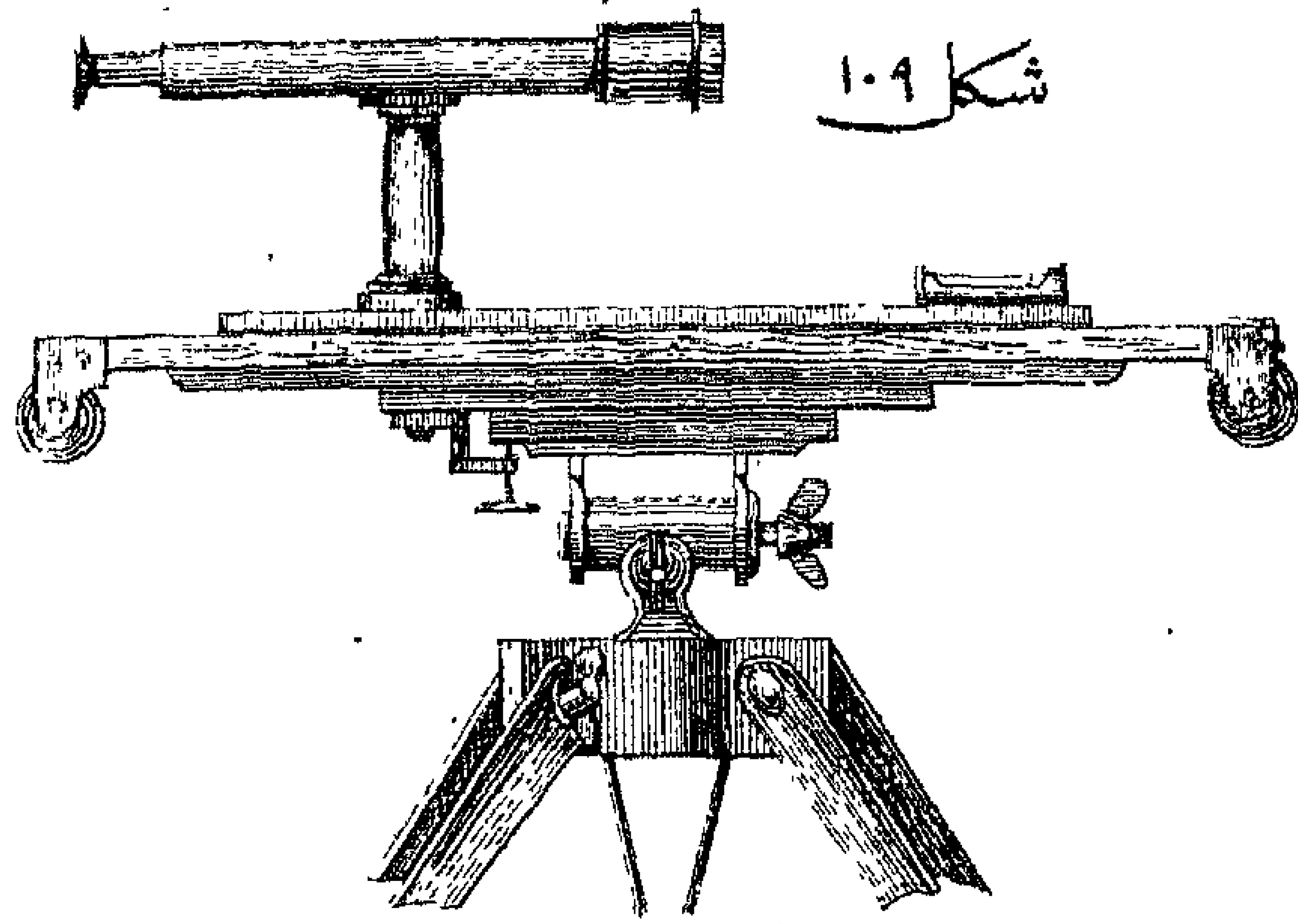
ثالثا — انحراف البلانشيطة — لذلك يوضع حرف مسطرة العضادة على أحد الخطوط المارة بنقطة الوضع البلانشيطية ثم بواسطة الحركة الدورانية للتختة يجعل الشعاع البصري للعضادة مارا بوسط الشاخص المغروس رأسيا في نهاية الضلع الارضي المناظر للخط الذي عليه حرف مسطرة العضادة ومتى كان الانحراف النظري ملاحظا عند اجراء التسامت فحركة دوران التختة لضبط الانحراف لا تبعد النقطة البلانشيطية عن الرأسي المار بالنقطة الارضية بأزيد من ١٠٠٫٠ متر أو ٢٠٠٫٠ متر بالاكثر عن محور الوتد وهذا البعد مهمل لصغره وبذلك يقال ان البلانشيطة موضوعة في نقطة الوضع

بند ١١٧ — يوجد نوع آخر من البلانشيطات وهي المركبة على ركبة تسمى كونيوت وهذه الركبة متكونة من اسطوانتين مرتبطتين ببعضهما محوراهما متعامدان كما في (شكل ١٠٩) تستعملان لاعطاء التختة حركتي ميل لجعلها أفقية

ولذلك توضع روح التسوية على اتجاه محور الاسطوانة السفلى ثم تفتح الصامولة الموجودة

على

على اتجاه محور الاسطوانة العليا وتمال التختة الى أن تصير فقيعة روح التسوية فى الوسط



شكل ١٠٩

فتربط الصامولة المذكورة وتدار روح التسوية على التختة دورة قدرها ٩٠° فتأتى على اتجاه محور الاسطوانة العليا ثم تفتح الصامولة الموجودة على اتجاه محور الاسطوانة السفلى وتمال التختة الى أن تصير فقيعة روح التسوية فى الوسط فتربط هذه الصامولة ربطا محكما كما سبق وحينئذ التختة تصير أفقية

وتختة هذه البلانشيطة لها ملفان يلف عليهما الورق الزائد عن التختة بحيث متى تم رسم الجزء الموجود فوقها يلف ويوضع جزء أبيض على التختة مع ابقاء جزء من المرسوم كاف لتحديد الوضع والانحراف وتوضع هذه البلانشيطة فى نقطة الوضع كما فى (بند ١١٦ د)

بند ١١٨ د ـ أحيانا تستعمل بلانشيطات لها ركبة من معدن ترتكز على قاعدة مثلثية ذات ثلاث برم ثبات كما بالموازين فمثل هذه يسهل جعلها أفقية بوضع روح التسوية على التختة فى اتجاه مسمارين من مسامير القاعدة ويرفع أو يخفض أحدهما الى أن تصير

الفقيعة فى الوسط ثم توضع روح التسوية فى وضع عمودى على الاول ويرفع أو يخفض المسمار الثالث بدون مس المسمارين الاولين الى أن تصير الفقيعة فى الوسط وتوضع هذه البلانشيطة فى نقطة الوضع كما فى (بند ١١٦)

(العضادة وشروط تحقيقها)

بند ١١٩ ـ يستعمل مع البلانشيطة عدة أنواع من العضادة وأقدم هذه الانواع هى العضادة ذات الشظيتين كعضادة الجرافومتر

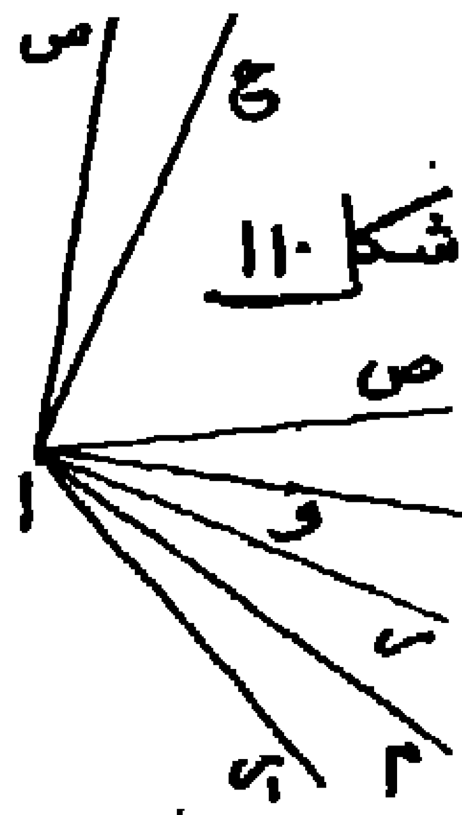
وأنواع العضادة المستعملة الآن هى التى مساطرها من النحاس الاصفر وبها نظارات مستطيلة النظر بواسطتها ترى الشواخص واضحة من بعد

بند ١٢٠ ـ لاجل ان تكون النظارة مستعدة للعمل يلزم ان توفى الشرطين الآتيين

أولا ـ ان الشعاع البصرى للنظارة يكون عموديا على محور دورانها لاجل أن يرسم مستويا لاسطحا مخروطيا

ثانيا ـ ان محور الدوران المذكور يكون موازيا للسطح السفلى للمسطرة لاجل أن يكون أفقيا والمستوى المرسوم به رأسيا متى كانت المسطرة موضوعة على تختة أفقية

فلتحقيق الشرط الاول يقال انه متى كانت البلانشيطة أفقية ونظر بالنظارة الى نقطة ب (شكل ١١٠) المتباعدة جدا الموجودة تقريبا فى مستو أفقى واحد مع النظارة ثم رسم مستقيم بطول حرف المسطرة وفرض أن أو و أس هما مسقطا الشعاع البصرى ومحور دوران النظارة وأن أم هو الخط المرسوم على حرف المسطرة وأديرت النظارة ١٨٠° حول محورها ثم أديرت المسطرة طرفا محل طرف ونظر ثانيا لهذه النقطة بتحريك النظارة حول ابرة مثبتة فى نقطة أ ورسم على حرف المسطرة اتجاه جديد مثل أم فتكون الزاوية م أم الواقعة بين الخطين المرسومين على حرف المسطرة هى ضعف خطأ تعامد المحور البصرى للنظارة ومحور دورانها



فاذا وضع حينئذ حرف المسطرة على المنصف أم للزاوية م أم فان محور دوران النظارة يأتى على أع العمودى على أم لكن المحور البصرى يأتى على أص الصانع مع أب زاوية مساوية للخطأ وحينئذ لتصليحه يكفى تحريك نقطة تقاطع الشعرتين بتحريك

حامل الشعر الى أن يمر الشعاع البصرى بالنقطة ب (ويتحرك حامل الشعر بتحريك البرمتين الافقيتين وان كانتا غير موجودتين فتحرك الشيئية لجعل الشعاع البصرى مختلفا أو توضع ورقة من البلاتين تحت المحور الذى يوصل النظارة لمحور الدوران)

ولتحقيق الشرط الثانى توضع المسطرة على بلانشيطة أفقية وينظر بالنظارة الى احدى نقط خيط شاقول ثم تحرك أعلى وأسفل بدون تحرك المسطرة فمتى كانت نقطة تقاطع الشعرتين على هذا الخط الرأسى فى كافة الحركات يعلم ان الشرط محقق وان السطح المرسوم بالشعاع البصرى هو مستو رأسى

واذا لم تمر نقطة تقاطع الشعرتين بالخط الرأسى فى جميع حركاتها فيصلح هذا الخطأ بفك القائم الرأسى ووضع قطعة من ورق أو صفيحة معدنية فى احدى جهتيه وربطه ثانيا ليميل هذا القائم وبالتبعية له محور الدوران بحيث انه بتحريك النظارة أعلى وأسفل تكون نقطة تقاطع الشعرتين فى كافة حركاتها مارة بالخط الرأسى

بند ١٢١ — يوجد شرطان آخران أقل اهمية من السابقين وهما

أولا — ان المستوى الرأسى المار بمحور النظارة يكون مارا بحرف المسطرة

ثانيا — ان محور دوران النظارة يكون عموديا على حرف المسطرة

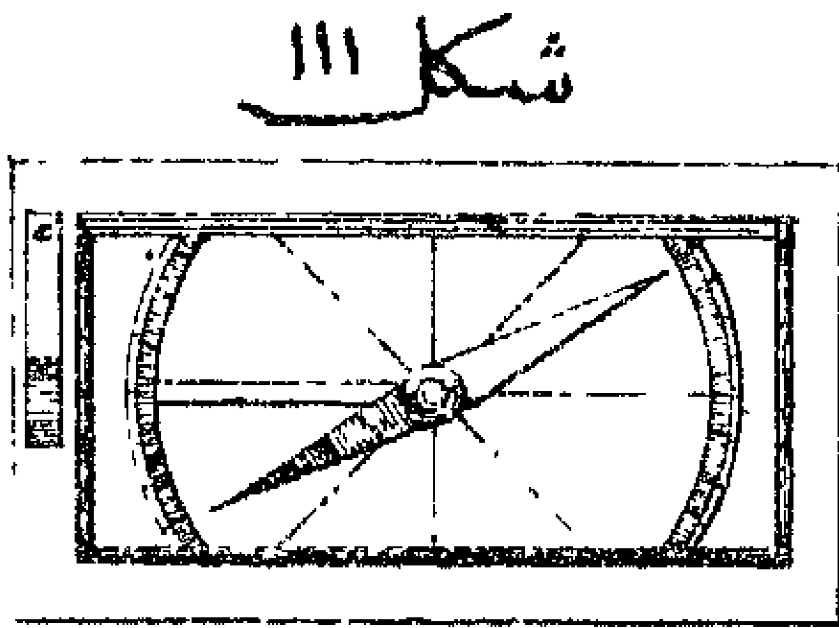
والقصد منهما ان يكون حرف المسطرة هو أثر المستوى الرأسى المار بالاشعة البصرية على مستوى التختة ومع عدم وجود هذين الشرطين فأثر المستوى الرأسى المذكور اما أن يكون موازيا لحرف المسطرة (ان كان موجودا ثانيهما) أو يكون مكونا مع حرف المسطرة زاوية تبقى دائما ثابتة (عند عدم وجود كل منهما) فالاول ينعدم عند انحراف البلانشيطة فى الوضع الثانى والثانى لا يضر حيث ان الزاوية تبقى ثابتة على الدوام ولا تؤثر على نسبة تفاصيل الرسم لبعضها بل تحرف لوحة الرسم جميعها بقدر هذه الزاوية بدون ان يمس ضبط التفاصيل

(بوصلة الانحراف المسماة ديكلينا توار)

بند ١٢٢ — هذه الآلة عبارة عن ابرة ممغطسة صغيرة مرتكزة من مركز ثقلها على

محور رأسي موضوعة داخل صندوق قطاعه مستطيل قليل الارتفاع وعند تحرك الصندوق تتحرك الابرة نحو الشرق أو الغرب على قوسين مدرجين من دائرة واحدة (شكل ١١١) وصفر كل منهما في الوسط ودرجهما مثمر كما هو مبين في الشكل

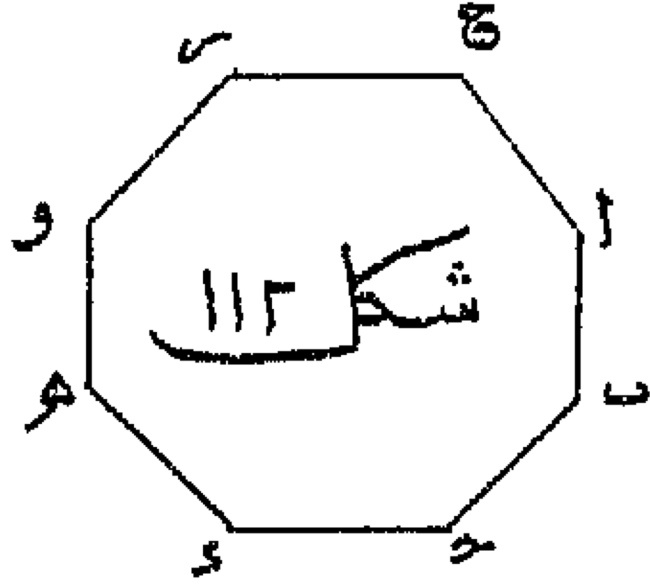
شكل ١١١





(استعمال البلانشيطة والاحتراسات اللازمة عند استعمالها)

نبذة ١٢٣ - تستعمل البلانشيطة لرسم قطعة أرض بثلاث طرق مختلفة بعد تقسيم الارض الى أشكال كثيرة الاضلاع وهي



أولا - طريقة اللف والدوران

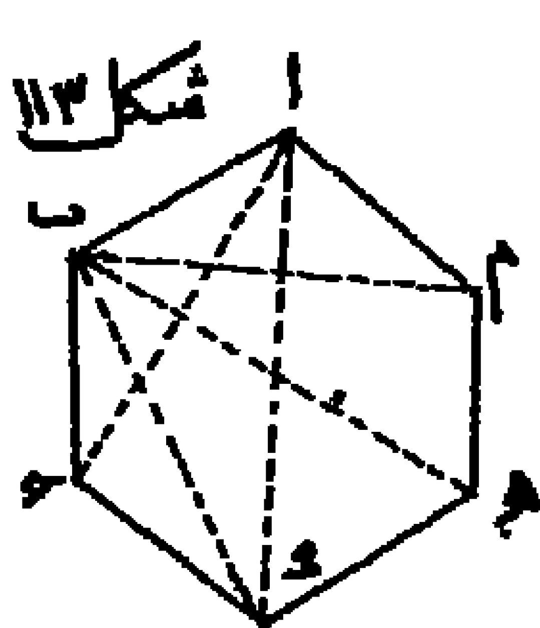
ثانيا - طريقة التقاطع أو تقسيم الشكل الى مثلثات

ثالثا - طريقة الثبات ومنها نصف اللف

فأولا - لرسم شكل مثل أب جدهـ وح ح بطريقة اللف والدوران (شكل ١١٢) تلصق ورقة على لوحة البلانشيطة ثم يبتدأ بوضع البلانشيطة في نقطة ا ثم يفرض على لوحتها نقطة بالنظر بحيث لا يخرج الرسم عن اللوحة ويلزم مسامتتها على نقطة ا ثم تجعل أفقيــة ويكون انحراف اللوحة نظريا نحو الارض المقتضى رسمها ثم تربط كافة حركاتها وتغرس ابرة في النقطة المسامتة لنقطة ا وبعـد ذلك تحرك المسطرة حول هذه الابرة الى أن يرى الشاخص المغروس رأسيا في نقطة ب ثم يقاس بعد أ ب الارضي ويحول الى المقياس و يوضع على الخط المرسوم على لوحة البلانشيطة فنهايته تكون هي نظيرة نقطة ب ثم ترفع البلانشيطة وتوضع في نقطة ب بحيث تسامت نقطة ب الارضية على نظيرتها من البلانشيطة بعد انحرافها أي جعل خط ب ا الارضي ونظيره من البلانشيطة في مستو واحد رأسي ثم توضع أفقية و يتم انحرافها بموجب ما تقدم (يعني ان البلانشيطة توضع في نقطة ب موفاة لشروطها الثلاثة) ثم تغرس الابرة في النقطة

المناظرة لنقطة ب وتحرك المسطرة حولها الى أن يمر تقاطع الشعرتين بالشاخص المغروس رأسيا فى نقطة حـ ثم يقاس ب حـ ويحول للمقياس ويؤخذ على هذا الخط فتنتج النقطة المناظرة لنقطة حـ ثم تنقل البلانشيطة وتوضع فى حـ ويجرى العمل بها كسابقتها وهكذا الى نقطة ع ويقاس البعد ع أ ويحول للمقياس ويؤخذ على نظيره فتى كان العمل مضبوطا فان نقطة الابتداء تنطبق على نقطة الانتهاء وان وجد خطأ قليل يصلح كما سبق والشكل المرسوم على تختة البلانشيطة يكون مشابها للشكل الارضى حيث ان زواياهما متساوية وأضلاعهما متناسبة

وثانيا ـ لرسم شكل أ ب حـ ء هـ و بطريقة التقاطع ينتخب أحد أضلاعه أ ب قاعدة (شكل ١١٣) بحيث يمكن كشف جميع رؤس الشكل من كل من نهايتيه أ و ب ثم توضع البلانشيطة فى نقطة أ ويرسم عليها خط مستقيم ويفرض أنه هو اتجاه أ ب بالنظر بحيث لا يخرج الرسم عن تختة البلانشيطة ثم يقاس خط أ ب مراراقياسا مضبوطا ويحول الى المقياس ويؤخذ مقداره على الخط المذكور فيتحدد عليه نقطتان هما مناظرتان لنقطتى أ و ب ثم تتم شروط البلانشيطة كما سبق وتوجه النظارة (بعد غرس شواخص فى نقط ب و حـ و ء و هـ و و) على كل من نقط حـ و ء و هـ و و وعند تحريرها على كل منها يرسم خط على حرف المسطرة ويميز بنمرة أو بعلامة أو بحرف يدل على النقطة ثم تنقل البلانشيطة وتوضع فى نقطة ب موفاة لشروطها الثلاثة وتوجه النظارة على كل من نقط حـ و ء و هـ و و وترسم خطوط على حرف المسطرة تتقاطع مع الاولى كل مع نظيره فى نقط تكون هى النقط المناظرة لرؤس المضلع فيوصل بينها بخطوط بالترتيب تكون هى الخطوط المناظرة الى أ ب و ب حـ و حـ ء و ء هـ ويكون الشكل المرسوم على تختة البلانشيطة مشابها للشكل الارضى لتكونهما من مثلثات متشابهة متحدة فى العدد



ولاجل تحقيق الرسم يقاس أحد الاوتار على الارض وبعد تحويله الى المقياس يطبق على

نظيره من التختة فان وجد مساويا له كان العمل صحيحا والا فلا * وفى العمل بطريقة التقاطع تلاحظ الشروط الآتية وهى

أولا — يلزم ملاحظة انحراف البلانشيطة عند توجيه النظارة على كل نقطة ربما يكون اختلف بسبب من الاسباب

ثانيا — يلاحظ عند الشغل ان تكون المسطرة مماسة للابرة المغروسة رأسيا

ثالثا — يلزم وضع رموز أو علامات أو نمر على اتجاهات الاشعة لاجل عدم الخطا مع بيان هذه الرموز أو النمر ببيان مخصوص بدفتر مخصوص

رابعا — يلزم تمييز النقط التى تحدث برسم دائرة صغيرة جدا على كل منها ووضع عليها نمرة النقطة

خامسا — يلزم ان تكون الاشعة المرسومة من الوضع الثانى بعض ميللمترات

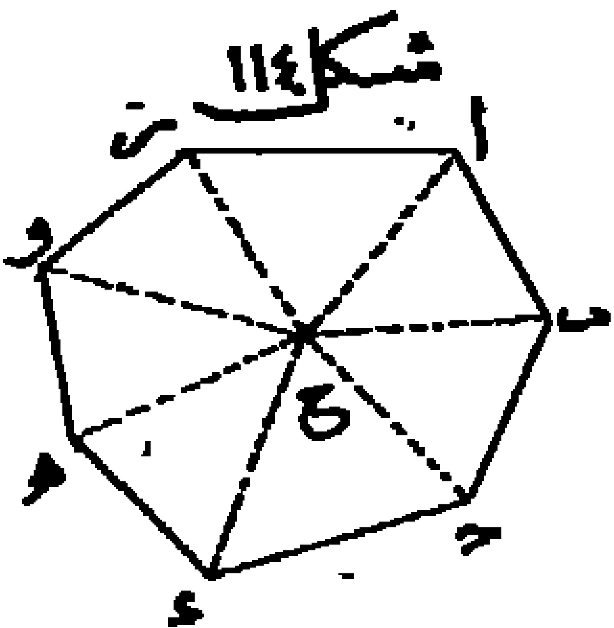
سادسا — يلزم ان لا تكون الزوايا الحادثة من تقاطع الاشعة حادة جدا ولا منفرجة جدا أى تكون أكبر من ٣٠° وأصغر من ١٥٠° لتكون النقط المتحصلة مضبوطة

سابعا — النقط لا يتحقق من تحديدها بالضبط الا اذا كانت حادثة من تقاطع ثلاثة أشعة بالاقل

ثامنا — يلزم غرس الشواخص رأسيا فى النقط المراد تعيينها والافيصور على مواقعها

وثالثا — طريقة الثبات — تستعمل طريقة الثبات حينما يكون داخل الشكل مكشوفا عكا جوبه (شكل ١١٤)

مثلا لرسم الشكل أ ب ح ء هـ و ى بهذه الطريقة تنتخب نقطة داخله مثل ع ثم توضع فيها البلانشيطة موفاة لشروطها بمعنى أن تكون مسامتة لنقطة تغرس على التختة بالنظر بحيث لا يخرج الرسم عن فرخ الورق وتكون أفقية ومحروفة أى تجعل التختة مؤهلة لان تشتمل على الارض المقتضى رسمها ثم تغرس شواخص رأسيا فى جميع رؤس الشكل ثم يحرر

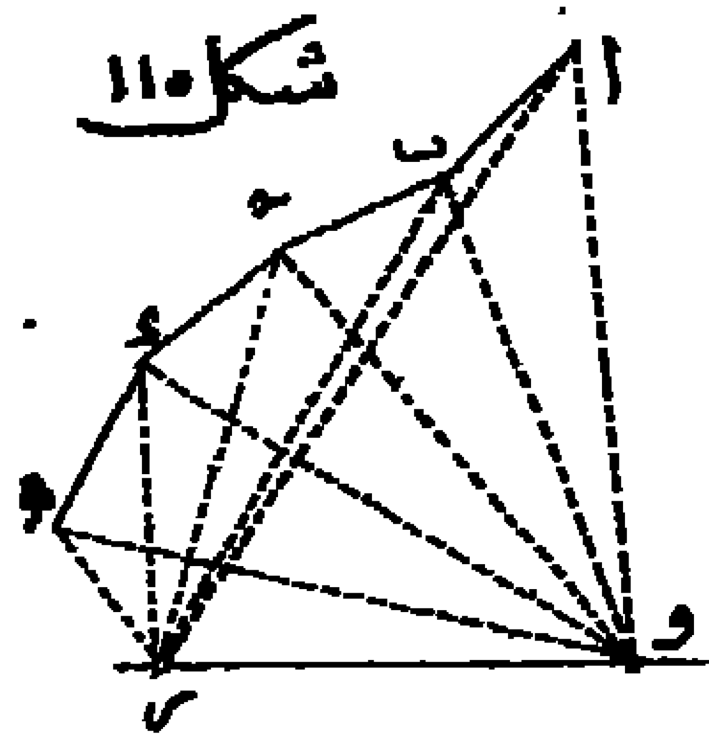


على هـذه الشواخص وترسم خطوط رصاصية على حرف المسطرة ثم تقاس الخطوط ا ح و ب ح و حـ ح الخ وتحوّل الى المقياس وتؤخـذ على نظائرها من التختة وتجمع نهاياتها فيتحصل شكل مشابه للشكل المطلوب

وللتحقق من صحة العملية يقاس أحد أضلاع الشكل أو أحد أقطاره فان كان بعد تحويله الى المقياس مساويا لنظيره تكون العملية حقيقية والافلا

واذا أريد رسم خط منكسر مثل ا ب حـ ء هـ كما فى (شكل ١١٤) تنتخب قاعدة خارجة عنه مثل و م ويرسم هـذا الخط بطريقة التقاطع بوضع البلانشيطة فى كل من نقطتى و و م والتحرير من كل منهما على النقط ا و ب و حـ الخ كما هو مبين بالشكل

ولكن فى الغالب لا يمكن اختيار قاعدة خارجة فيرسم هـذا الخط بوضع البلانشيطة فى نقطة ا مثلا والتحرير على الشاخص الموضوع فى نقطة ب ثم قياس خط ا ب وتحويله الى المقياس وأخـذه على نظيره ثم يحرر على الشاخص الموضوع فى نقطة حـ ويقاس بعـد ب حـ ويحول الى المقياس ويجعـل نظيرة نقطة ب مركزا وبهذا البعد يرسم قوس يقطع الشـعاع المناظر الى ا حـ فى نقطة تكون هى المناظرة لنقطة حـ ثم يحرر على الشاخص الموضوع فى نقطة ء ويقاس بعد حـ ء ويجرى به العمل كما سبق



وهكذا الى نهاية الخط المنكسر (شكل ١١٥) وللتحقق من صحة العـملية يقاس البعد اهـ ويحوّل الى المقياس ويؤخـذ على نظيره فان انطبقت نقطة نهايته على النقطة المناظرة لنقطة هـ كانت العملية صحيحة وان وجد خطأ قليل يوزع على النقط الأخر

لكن هـذه الطريقة يعتريها عيوب كثيرة سيما اذا وجد أحد أضلاع الشكل صانعا مع اتجاه الشعاع البصرى الواصل من الوضع الى نهايته زاوية كبيرة ففى مثل هذه الحالة اما أن القوس يقطع الشعاع فى نقطتين متقاربتين أو يمسه فى جملة نقط وبذلك لا يحكم على ضبط هذه النقطة بل وما يأتى بعدها وحينئذ يستلزم الحال لقياس الأشعة البصرية لضبط العملية وهذه الطريقة هى المعبر عنها بنصف اللف والدوران

بند ١٢٤ ـ الاحترامات اللازم مراعاتها عند استعمال البلانشيطة

الرسم بالبلانشيطة يكون دائما معرضا لخطرات ينتج بعضها من عدم ضبط تسامت البلانشيطة بسبب تأثير الاهوية على خيط الشاقول وبعضها من عدم غرس الشواخص رأسيا فى نقط الاوضاع وعدم امكان رؤية ركائزها ويتبع هذين الخطأين خطآن آخران ناشآن من عدم ضبط قياس الابعاد الارضية وعدم دقة التبصر فى تقدير هذه الابعاد ووضعها على البلانشيطة وجميع هذه الخطآت لا يمكن تجنبها

فاذا فرض أن كل خطأ من هذه الخطآت قدره ٠,٠١ متر فان خطأى عدم ضبط التسامت وعدم غرس الشواخص رأسيا يضافان لبعضهما وينتج عنهما فى الرسم خطأ قدره ٠,٠٢ متر على بعد مثل أب وهذا الخطأ يكبر كلما نقص طول الضلع الارضى أب (شكل ١١٦)

شكل ١١٦

فاذا أريد أن التباعد الذى ينتج من اختلاف الانحرافات المتعاقبة لا يكون محسوسا على تختة البلانشيطة العادية التى ضلعها ٠,٥٠ متر أى لا يتعدى ٠,٠٠٠١ متر يكون $\frac{٠,٠٢}{أب} = \frac{٠,٠٠٠١}{٠,٥٠} = \frac{١}{٥٠٠}$ ومنها أب = ١٠٠ متر

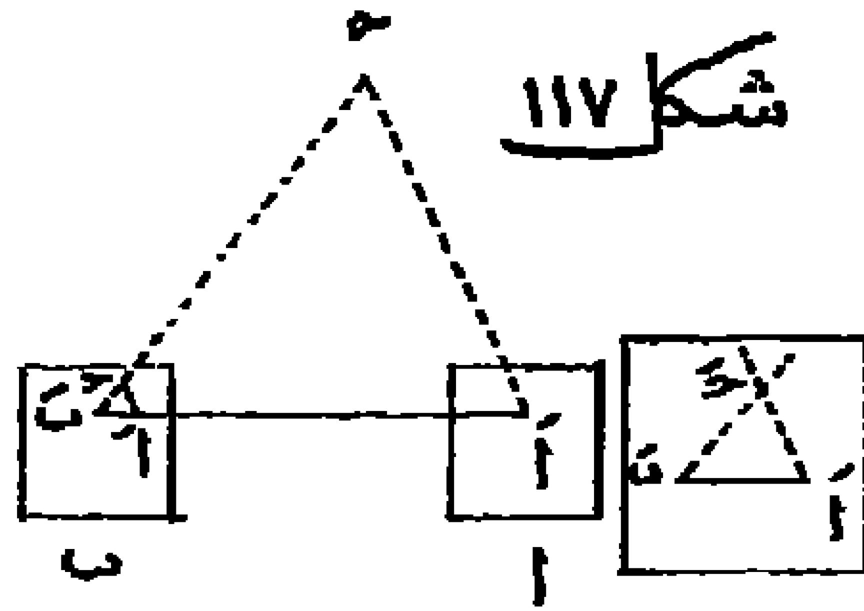
أعنى أنه يلزم أن لا ينحرف على بعد أقل من مائة متر فاذا أريد الانحراف على بعد أقل من خمسين مترا مثلا يلزم عمل احتراسات خصوصية بحيث لا يتعدى خطأ تباعد التسامت وتباعد غرس الشواخص رأسيا عن ٠,٠١ متر

وأما خطأ القياس مع تحويله ووضعه على اللوحة فيتعلق بالدقة التى يلاحظها المهندس ويعلم مما تقدم أن البلانشيطة تحدث خطأ فى الرسم بطريقة اللف والدوران ويكون لها الفائدة العظمى فى طريقة التقاطع حيث ان أشعة التقاطع التى توجد مستطيلة تكون محددة بالضبط على الخريطة بخلاف الآلات التى تقيس الزوايا فان الاشعة لا تتحدد الا بطول نصف قطر الرق المستعمل

(بعض مسائل يقصد حلها بالبلانشيطة)

بند ١٣٥ ـ المسألة الاولى ـ المعلوم نقطتان أَ وبَ على البلانشيطة ونظائرهما أ و ب على الارض (شكل ١١٧) والمطلوب تحديد نقطة حَ المناظرة لنقطة ح

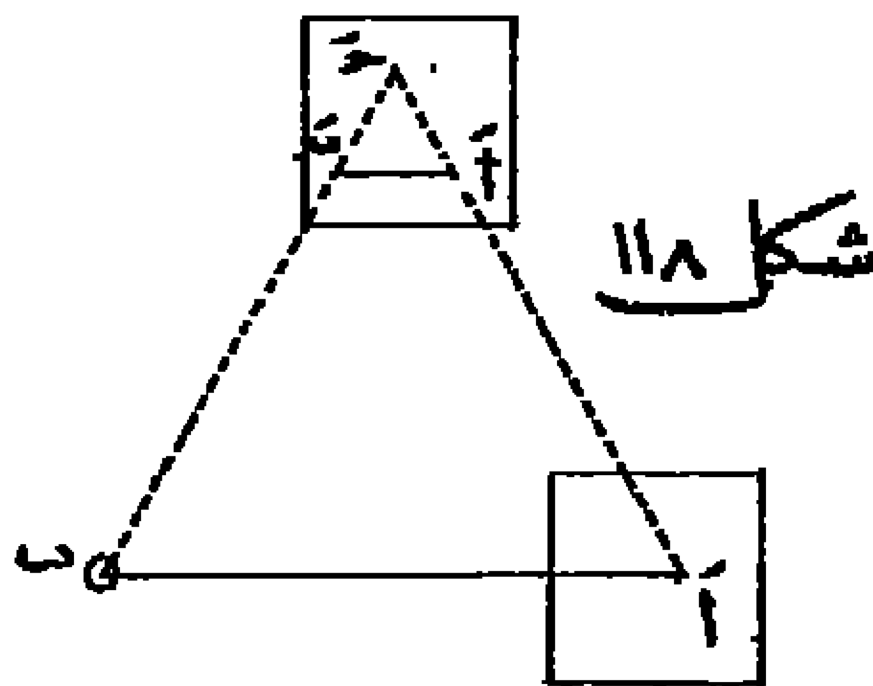
لذلك يقال ان حل هذه المسألة يتضمن جملة أحوال تبعا لامكان وضع البلانشيطة وامكان القياسات



الحالة الاولى — اذا أمكن وضع الآلة فى كل من نقطتى ا و ب يجرى العمل كما سيأتى بان توضع فى نقطة ا وتحرف على اتجاه ا ب أى يجعل اَ بَ معه فى مستو رأسى وتسامت نقطة اَ على نظيرتها ا ثم تجعل أفقية

ثم بعد ذلك تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة رأسيا فى نقطة اَ ويمرر على شاخص يغرس رأسيا فى ح ويجر خط على حرف المسطرة فتكون الزاوية المرسومة على البلانشيطة مساوية لزاوية ح ا ب الارضية ثم تنقل الآلة وتوضع فى نقطة ب وتجعل نقطة بَ مسامتة لنقطة ب وأفقية وتحرف بجعل بَ اَ مع ب ا فى مستو رأسى ثم تحرك المسطرة حول الابرة التى تغرس رأسيا فى نقطة بَ الى أن تمر بالشاخص المغروس رأسيا فى نقطة ح ويجر خط على حرف المسطرة فالزاوية التى تتكون بين هذا الشعاع والخط اَ بَ تكون مساوية لزاوية ح ا ب الارضية والشعاعان يتقاطعان على اللوحة فى نقطة حَ تكون هى مسقط نقطة ح على البلانشيطة وذلك لان مثلث اَ بَ حَ يشابه مثلث ا ب ح حيث ان فى كل منهما زاويتين مساويتين لنظائرهما من الاخر ويرى أن عمل هذه الحالة يرجع لرسم مثلث متى علم منه ضلع ومجاورتاه

الحالة الثانية — اذا لم يمكن وضع الآلة الا فى نقطة ا ويراد تعيين نقطة ح مع امكان قياس ا ح على الارض (شكل ١١٨)



لذلك توضع الآلة فى نقطة ا وتسامت نقطة اَ على نقطة ا وتجعل أفقية ويحرف خط اَ بَ على ا ب ثم بعد ذلك تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة رأسيا فى نقطة ا الى أن يمر الشعاع البصرى لها بنقطة ح فيرسم خط

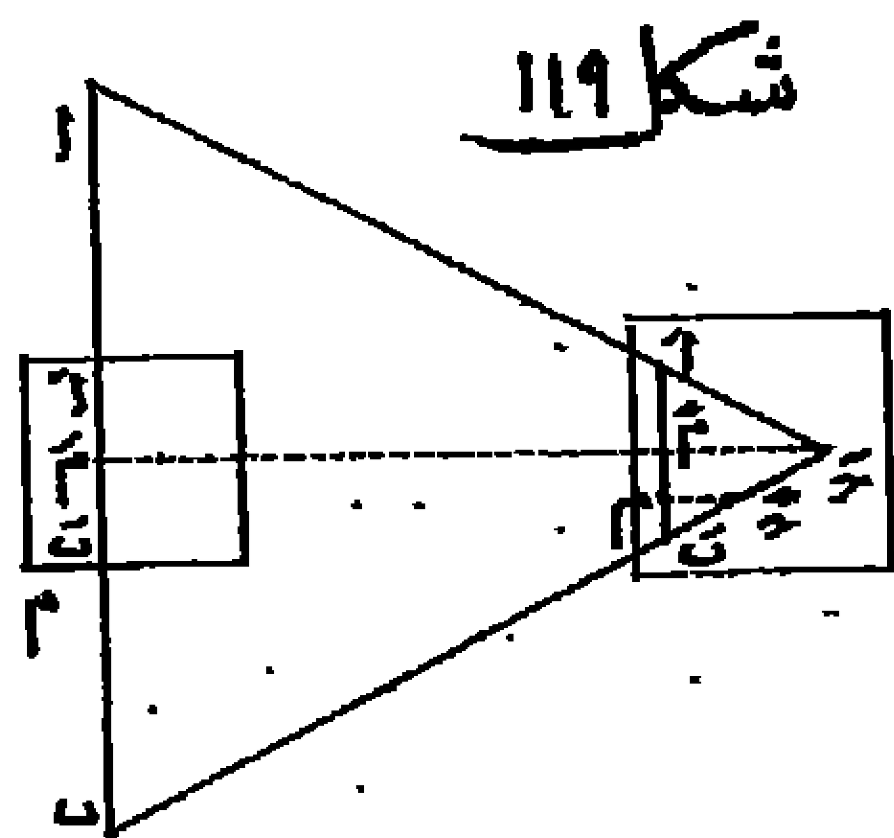
على حرف المسطرة ثم يقاس اح ويحوّل للمقياس ويؤخذ على الشعاع المذكور فتحدث نقطة حَ تكون هي نظيرة ح لان مثلث اَ بَ حَ مشابه لمثلث اب ح لتناسب الضلعين المحيطين بزاوية من الاول للضلعين المحيطين بمساويتها من الثاني كل لنظيره ويرى أن حل هذه الحالة عبارة عن رسم مثلث معلوم منه ضلعان والزاوية المحصورة بينهما

الحالة الثالثة ــ اذا لم يمكن وضع الآلة الا في احدى النقطتين ا مثلا وغير ممكن قياس البعد اح (شكل ١١٨)

لذلك توضع البلانشيطة في نقطة ا موفاة لشروطها الثلاثة ثم تحرك المسطرة مماسة للابرة المغروسة رأسيا في نقطة اَ الى أن يمر الشعاع البصري بالشاخص المغروس رأسيا في نقطة ح ويجر خط على حرف المسطرة ثم تنقل البلانشيطة وتوضع في نقطة ح موفاة لشروطها الثلاثة ثم تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة رأسيا في بَ الى أن يمر المحور البصري لها بنقطة ب ويجر خط على حرف المسطرة فيتقاطع مع الشعاع الاوّل في نقطة حَ تكون هي نظير نقطة ح

ويرى أن حل هذه الحالة يرجع لرسم مثلث بعد معلومية أحد أضلاعه والزاوية المقابلة له واحدى الزاويتين المجاورتين له

الحالة الرابعة ــ ان لم يمكن وضع الآلة في كل من نقطتي ا و ب بان كانا هلالي مأذنتين مثلا بينهما فضاء (شكل ١١٩) فلايجاد نقطة ح يلزم تعيين نقطة على الارض من خط اب مثل م ثم توضع البلانشيطة فيها وتؤخذ احدى نقط خط اَ بَ مثل مَ وتسامت على نقطة م مع جعل البلانشيطة أفقية محروفة بحيث يكون مَ اَ على م ا و مَ بَ على م ب أى خط اَ بَ على خط اب



ثم تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة في نقطة مَ الى أن يمر شعاعها البصري بالشاخص المغروس رأسيا في نقطة ح ويرسم على حرف المسطرة خط فالزاوية حَ مَ اَ تكون مساوية للزاوية ح م ا وكذا بَ مَ حَ تساوي ب م ح ثم تنقل البلانشيطة

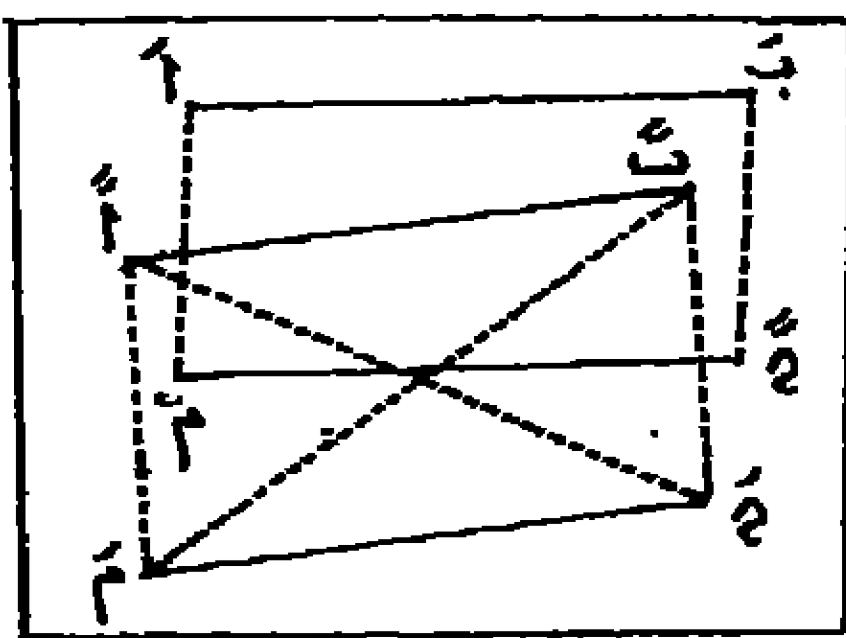
ونوضع

وتوضع فى نقطة ح بحيث يحرف خط حَ مَ على خط حم بعد وضعها أفقية وتسامت نقطة ح على احدى نقط حَ مَ فبذلك يكون خط أَ بَ موازيا أب ثم تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة رأسيا فى نقطة بَ الى أن ترى نقطة ب ويرسم خط على حرف المسطرة يكون هو نظير خط حب ثم تحرك المسطرة أيضا حول الابرة المغروسة رأسيا فى أَ الى أن تشاهد نقطة ب ويرسم على حرف المسطرة خط يكون هو نظير أح ويقطع الشعاع الاول فى نقطة حً تكون هى نظير نقطة ح وحينئذ اذا أريد ايجاد نظير نقطة م يرسم على اللوحة خط حً مً موازيا حَ مَ فيقطع أَ بَ فى نقطة مً تكون هى نظيرة م فاذا أريد استمرار العمل وجب اعادة التسامت بجعل حً على نقطة ح والانحراف اما بنسبة حً أَ أو حً بَ

ومثلث حً أَ بَ يشابه مثلث ح ب أ لان أَ بَ يوازى أ ب فتكون زاويتا بَ و ب متساويتين وكذا أَ و أ وحينئذ تكون حً و ح متساويتين وتتناسب الاضلاع

بند ١٢٦ ـ المسألة الثانية ـ المعلوم نقطتان على الارض فى أ و ب وعلى البلانشيطة فى أَ و بَ لكن لا يمكن وضع البلانشيطة فى كل منهما ولا بينهما (كرأسى منارتين) والمطلوب تحديد قاعدة للشغل بالبلانشيطة على الارض تكون مرتبطة مع الخط الواصل بين النقطتين على لوحة الرسم (شكل ١٢٠) لذلك يؤخذ نقطتان اختياريتان م و ى متباعدتان على قدر الامكان ومن كل منهما يمكن رؤية نقطتى أ و ب ثم يرسم على تختة البلانشيطة خط اختيارى يفرض انه م ى وبعد قياسه وتحويله للمقياس يؤخذ على الخط المذكور وليكن مَ ىَ ثم توضع

شكل ١٢٠



البلانشيطة فى نقطة م مثلا موفاة لشروطها الثلاثة أعنى تسامت نقطة مَ على م ويكون مَ ىَ على اتجاه م ى ثم تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة فى نقطة مَ الى أن تمر بنقطتى أ و ب ويرسم خطان على حرف المسطرة مثل مَ أً و مَ بً ثم تنقل

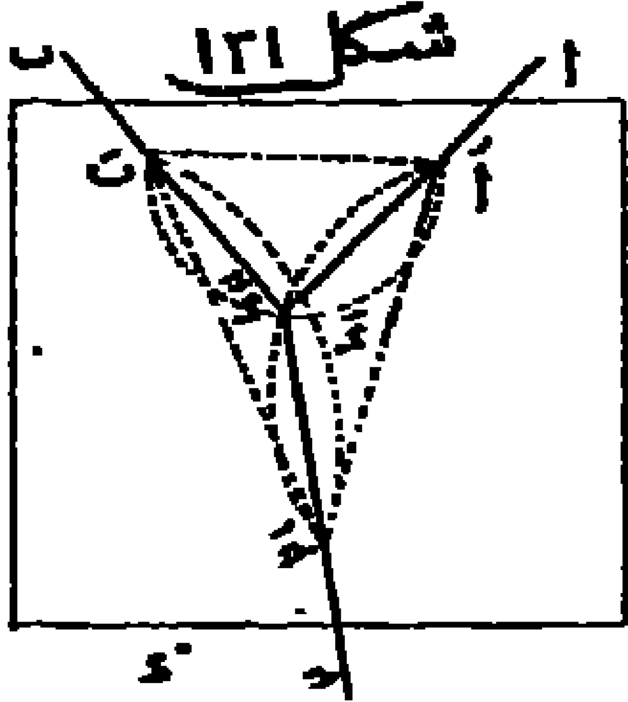
البلانشيطة وتوضع فى نقطة ب وتسامت هذه النقطة مع نقطة دَ وتوضع أفقية محروفة بوضع دَ مَ على دم ثم تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة رأسيا فى دَ الى أن تمر بنقطة ب ويرسم خط على حرف المسطرة يقطع مَ بً فى نقطة بً تكون هى نظيرة نقطة ب مرتبطة بخط مَ دَ ثم تحرك المسطرة مماسة للابرة المغروسة فى دَ الى أن تمر بنقطة ا ويرسم خط يقطع مَ اً فى نقطة اً تكون هى نظيرة نقطة ا مرتبطة بخط مَ دَ بمعنى أن الشكل الرباعى مَ دَ بً اً يكون مشابها للشكل الرباعى على الارض م د ب ا وحينئذ اذا رسم على خط اَ بَ شكل مشابه الى مَ دَ بً اً بواسطة تقاطع الاقواس بالبرجل أو نقله بورق شفاف وتطبيق خط اً بً من الورق الشفاف على خط اَ بَ ثم بثقب نقطتى مَ و دَ من الورق الشفاف واسقاطهما على البلانشيطة فى نقطتى مً و دً تكونان هما المناظرتين الى م و د على الارض مرتبطتان مع خط اَ بَ كارتباط خط م د مع ا ب فاذا أريد التحقق من صحة العمل وجب اعادة التسامت والافقية والانحراف واجراء العملية ثانيا باخذ مً دً مناظرا للخط الارضى م د

١٢٧ـ المسألة الثالثة ـ المعلوم ثلاث نقط على البلانشيطة فى اَ وبَ وحَ وعلى الارض فى ا و ب و ح لا يمكن وضع الآلة فى كل منها والمطلوب تحديد نقطة الوضع ء المعلومة على الارض ومنها تكشف النقط ا و ب و ح

فهذه المسألة يمكن حلها بعملية مشابهة للعملية التى أجريت بالمسألة الثانية بانتخاب قاعدة خارجة وتعيينها فى أحد زوايا لوحة البلانشيطة بعد قياسها وتحويلها للمقياس وتعيين النقط ا و ب و ح على البلانشيطة بالتقاطع واذا لم تكف القاعدة لتحديد النقط ا و ب و ح تنتخب قاعدة ثانية كى يتعين بعض النقط ا و ب و ح بالتقاطع من وضعين وبعضها من ثلاثة أوضاع وينقل الشكل المتحصل ويربط بالمثلث اَ بَ حَ وهذه العملية هى المختارة فى الاعمال ونشرح طريقتين أخريين لحل هذه المسألة

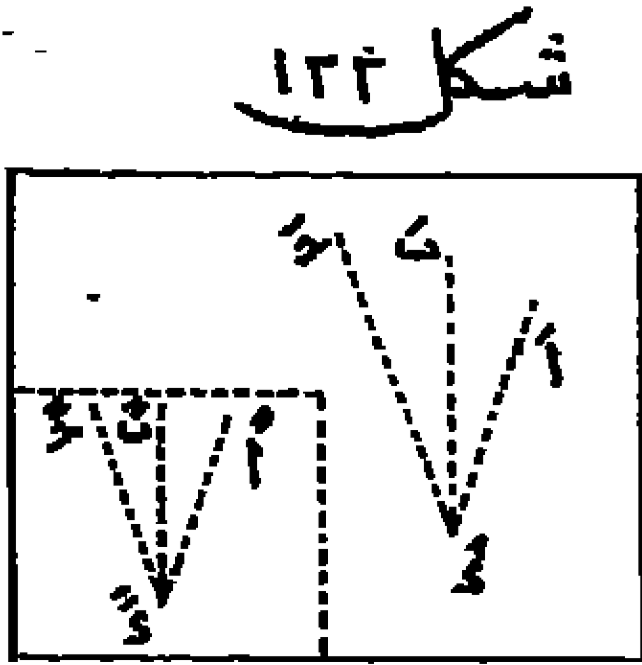
الطريقة الاولى ـ ان توضع البلانشيطة أفقية فى نقطة ء (شكل ١٢١) ويسامت عليها احدى نقط الحفتة مثل ءً ثم تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة فى ءً الى أن تمر

بالنقط الارضية ا و ب و ح ويرسم على حرفها أشعة اً د وبً د و حً د تتقاطع فى نقطة دً
وتكون الزوايا اً دً بً و بً دً حً و حً دً اً مساوية
للزوايا ا د ب و ب د ح و ح د ا فحينئذ لو رسم
على خط اً بً قطعة دائرة بحيث تكون الزوايا
المرسومة فيها مساوية لزاوية اً دً حً فتكون نقطة دً
المناظرة لنقطة د على احدى نقط هذه القطعة وأيضا



لو رسم على خط بً حً قطعة دائرة تكون الزوايا المرسومة فيها مساوية زاوية
بً دً حً تكون نقطة الوضع دً أيضا على هذه القطعة وتكون حينئذ فى نقطة
تقاطعهما وهى دً وتحقيق ذلك انه لو رسم على خط اً حً قطعة دائرة بحيث تكون
الزوايا المرسومة فيها مساوية لزاوية اً دً حً لتقاطع الثلاث قطع فى نقطة واحدة هى
نقطة دً المطلوبة .

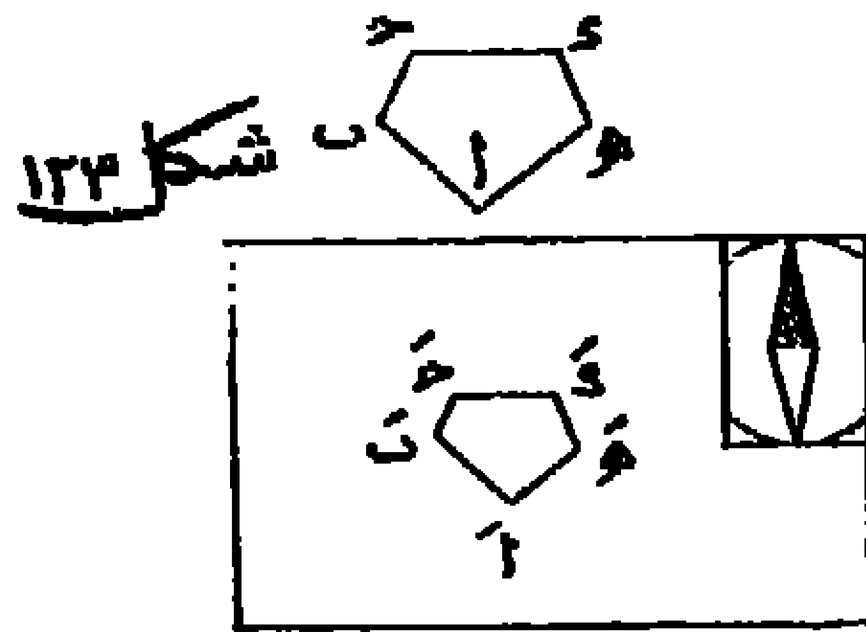
الطريقة الثانية — ان تلصق ورقة شفافة على التختة ثم يفرض عليها نقطة دً
(شكل ١٣٢) يغرس فيها ابرة رأسية
ثم بعد وضع الآلة فى نقطة د
وتسامت نقطة دً على نقطة د
ووضع البلانشيطة أفقية تحرك
المسطرة حول الابرة المغروسة فى دً



الى أن يمر الشعاع البصرى لها بنقطة ا فيرسم اتجاه اً دً ثم تحرر المسطرة على
نقطة ب ويرسم شعاع دً بً ثم على نقطة ح ويرسم دً حً وبعد ذلك تفك الورقة
الشفافة وتزحلق على التختة الى أن يمر شعاع اً دً منها بنقطة اً حينما يكون خط
بً دً مارا بنقطة بً وخط دً حً مارا بنقطة حً فتسقط نقطة دً على اللوحة
فى نقطة دً تكون هى المناظرة لنقطة د المطلوبة

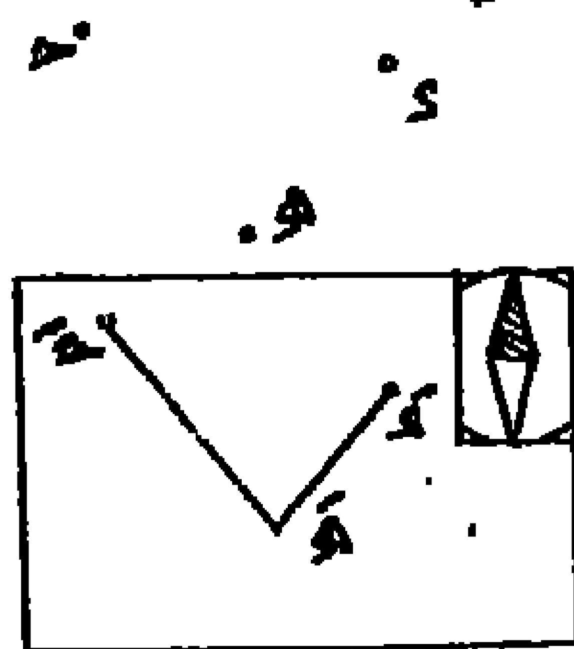
بند ١٢٨ — يستعمل مع البلانشيطة فى رسم شكل مثل ا ب ح د ه و (شكل ١٣٣)
بطريقة اللف والدوران بوصلة الانحراف وذلك بأن تثبت البوصلة فى احدى زوايا

البلانشيطة ثم تؤخذ الآلة وتوضع فى نقطة ا أفقية ثم تحرك البلانشيطة حركة دورية بحيث ان طرفى الابرة المغطسة يأتيان على درجة صفر فيثبت لوح البلانشيطة وتعين النقطة المماسة لنقطة ا ولتكن اَ ثم تغرس الابرة رأسيا فى نقطة اَ ويحرر بالنظارة على نقطة هـ بحيث تكون المسطرة مماسة للابرة ويعين الاتجاه اهـ بواسطة الشعاع هـَ اَ ثم يقاس البعد ا هـ ويحول الى المقياس ويؤخذ مقداره بعد التحويل على اَ هـَ بالابتداء من اَ وليكن اَ هـَ ثم تنقل الآلة من نقطة ا وتوضع أفقية فى هـ وتسامت نقطة هـَ على هـ ويحرك لوح البلانشيطة حركة دورية بحيث ان طرفى الابرة المغطسة يأتيان على درجتى صفر وفى هذه الحالة يكون الخط هـَ اَ ونظيره ا هـ فى مستو واحد رأسى ثم يثبت


شكل ١٢٣

لوح البلانشيطة وتغرس الابرة فى هـَ وينظر بالنظارة على نقطة ى كما سبق ويعين على لوح البلانشيطة هـَ ىَ المناظر الى هـ ى كما تقدم ويستمر العمل على هذا المنوال ويستغنى بالديكليناتوار عن النظر الى الوضع الخلفى اَ عند الانتقال الى الوضع الامامى هـ وعن النظر الى الوضع الخلفى هـ عند الانتقال منه الى الوضع الامامى ى وفضلا عن ذلك فانه دائما يتحقق من الانحراف مدة العمل فى كل لحظة بالنظر الى بوصلة الانحراف واستعمال هذه الآلة مع البلانشيطة يعطى سرعة فى العمل زيادة عما اذا لم تكن موجودة

بند ١٢٩ ـ المسألة الرابعة ـ المعلوم نقطتان على البلانشيطة فى حـَ و ىَ وعلى الارض فى حـ و ى (شكل ١٢٤) بشرط انه لا يمكن وضع البلانشيطة فى كل منهما واتجاه بوصلة الانحراف معلوم ونقطة ثالثة هـ معلومة أيضا على الارض والمطلوب ايجاد نظيرتها على البلانشيطة ولذلك توضع البلانشيطة أفقية فى نقطة هـ بحيث تكون بوصلة الانحراف موجهة


شكل ١٢٤

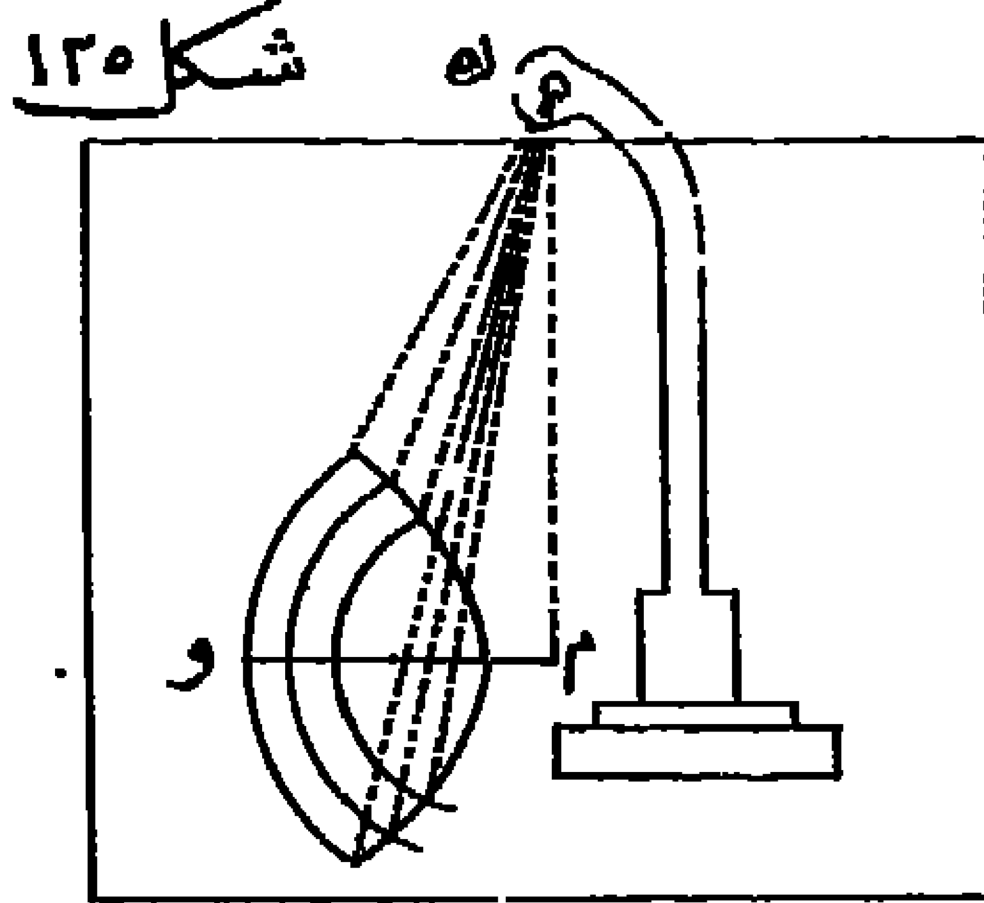
في

فى الاتجاه المعلوم ونقطتا دَ و حَ مقابلتين لنقطتى د و ح ثم تغرس الابرة فى نقطة حَ ويحرر بالنظارة على نقطة ح ويعين شعاع حَ هَ ثم ترفع الابرة وتغرس فى دَ وتحرر النظارة على د ويعين شعاع دَ هَ فهذا الشعاع يتقاطع مع شعاع حَ هَ فى نقطة هَ تكون هى نظيرة هـ

(تعيين خط نصف النهار بواسطة البلانشيطة)

بند ١٣٠ - ولو انه يوجد عدة طرق لتخطيط خط نصف النهار غير ان أبسطها هى طريقة الارتفاعات المتطابقة للشمس

وهى أن نضع البلانشيطة أفقية بالضبط ثم نرسم على لوحتها جملة دوائر متوازية بمركز واحد مثل م ثم نضع على اللوح ساقا رأسيا ذا قاعدة معشقا فى نهايته العليا ساق آخر وفى نهاية هذا الساق قطعة من الزجاج لـ مستديرة الشكل وبها ثقب صغير جدا ينسقط على مركز الدوائر م كما يرى من (شكل ١٢٥) ثم ترصد قبل الزوال وبعده نقط تقابل الاشعة الشمسية النافذة من الثقب الصغير بالاقواس المرسومة وتعين تلك النقط بالقلم الرصاص وبعد ذلك تنصف الاقواس ا اَ و ب بَ الخ بنقط و و ل و ن الخ وحينئذ يلزم ان تكون نقط التنصيف والمركز م على مستقيم واحد



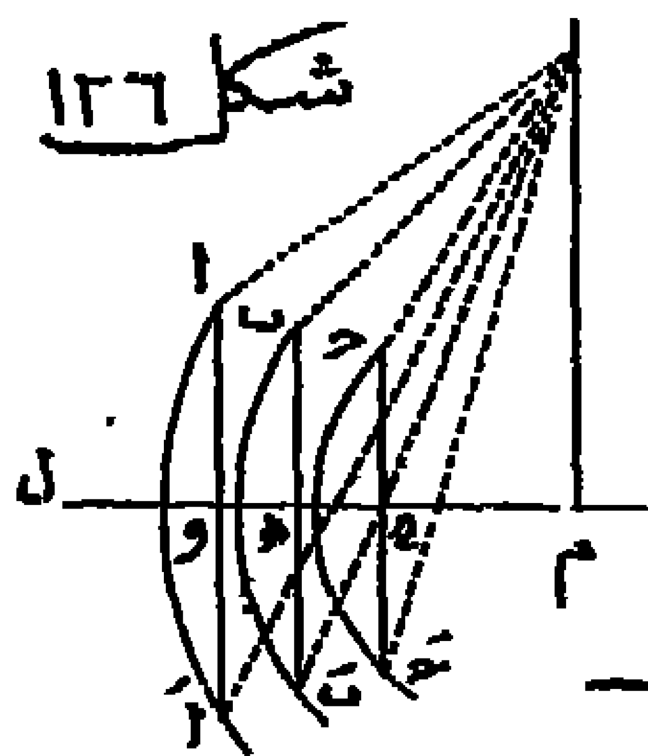
لان كل نصفى قطرين متساويين مثل م ا و م اَ هما عبارة عن أثرى مستويين رأسيين متماثلى الوضع بالنسبة الى مستوى نصف النهار بسبب ان الشمس كانت فيهما بارتفاع واحد قبل الظهر وبعده فاذا نصفت الزاوية أم اَ الواقعة بين الاثرين المذكورين كان الخط المنصف لهاد الاعلى اتجاه خط نصف النهار المطلوب ويكون م و هو اتجاه خط الزوال على البلانشيطة

ولتعيينه على الارض تعين النقطة المسامتة لنقطة م على الارض ثم توضع المسطرة على

اتجاه خط و م و يوضع أمام محور النظارة شاخص رأسي على الارض فالخط الواصل من موقع الشاخص الى النقطة المسامتة الى م هو اتجاه خط الزوال على الارض

ويمكن ان يعوض القائم الرأسي بغرز ابرة في المركز م غرزا رأسيا وترصد نقط تقابل ظل نهايتها بالدوائر المذكورة قبل الزوال وبعده ثم يعين خط الزوال على البلانشيطة وعلى الارض كما سبق

ويمكن كذلك تعيين خط الزوال على الارض من أول الامر بدون واسطة البلانشيطة وذلك بأن تنتخب قطعة أرض تكون مستوية افقية على قدر الامكان ثم ترسم عدة محيطات ذات مركز واحد وانصاف أقطار مختلفة ثم يغرس في مركز هذه المحيطات شاخص رأسي بواسطة خيط الشاقول وترصد نقط تقابل ظل نهايته بالمحيطات المذكورة قبل الزوال وبعده وتعلم تلك النقط بأوتاد صغيرة مثل أ و ب و ح و ء و هـ الخ ثم تنصف الاوتار أ أَ و ب بَ و ح حَ الخ بنقط و و هـ و ة الخ (شكل ١٢٦) فيلزم ان تكون تلك النقط والمركز م على خط مستقيم واحد م ل هو اتجاه خط الزوال المطلوب على الارض



الباب الثاني

في كيفية نقل المسودات وتبييضها وصفة تجمعها

مسئلة ١٣١ ـ اذا أريد نقل مسودة بمقياسها الاصلي يستعمل لذلك عدة أحوال

أولا ـ ان يقسم مسطح المسودة الاصلية الى مربعات أو مستطيلات بجملة من الخطوط المتوازية ترسم بالقلم الرصاص خفيفة ثم يرسم على فرخ الورق المراد نقل الخريطة عليه مربعات أو مستطيلات مساوية للمربعات أو المستطيلات المرسومة على المسودة في الكيف والعدد وبعد ذلك يرسم في كل مربع أو مستطيل من الفرخ الورق الاجزاء القريبة من أضلاع المربع أو المستطيل المناظر له من المسودة بنسبة تفاصيلها الى أضلاع المربع أو المستطيل المذكور

وتؤخذ

وتؤخذ هذه النسبة اما بالنظر أو بتعيين كل نقطة باحداثيين متعامدين أو برسم قوسين من دائرتين تكون هذه النقطة فى تقاطعهما

وتحدد الخطوط المستقيمة وأضلاع المضلعات وحيطان العمارات بتعيين نقطتين من نقطها أو بعدها الى أن تتقابل مع ضلعين من أضلاع المربع أو المستطيل على المسودة ويتعين موضع نقطتى التقابل المذكورتين على الخريطة بالبرجل

وفى أجزاء المسودات التى يكون بها تفاصيل كثيرة يلزم تكثير عدد المربعات أو تقسيمها

فاذا أريد ان تكون الخريطة المقتضى عملها دقيقة جدا يلزم نقلها على ورق شفاف أو مشمع بتغطية المسودة بالورق الشفاف أو المشمع بحيث يكون مشدودا من جميع جهاته ثم يرسم عليه جميع خطوط المسودة

ثانيا ــ اذا لم تكن الخريطة الاصلية متركبة من تفاصيل كثيرة أو كان مقياسها كبيرا والرسم واضح فتطبع بواسطة القزاز على الورق اللازم نقلها عليه

ثالثا ــ اذا لم يمكن اجراء الحالة الثانية يلزم طبعها أولا على ورق شفاف ثم تنقل منه الى الفرخ الورق بواسطة ورق مرصص أو يلصق دفعة واحدة ورق الشفاف الذى رسمت عليه صورة الخريطة على قماش أبيض

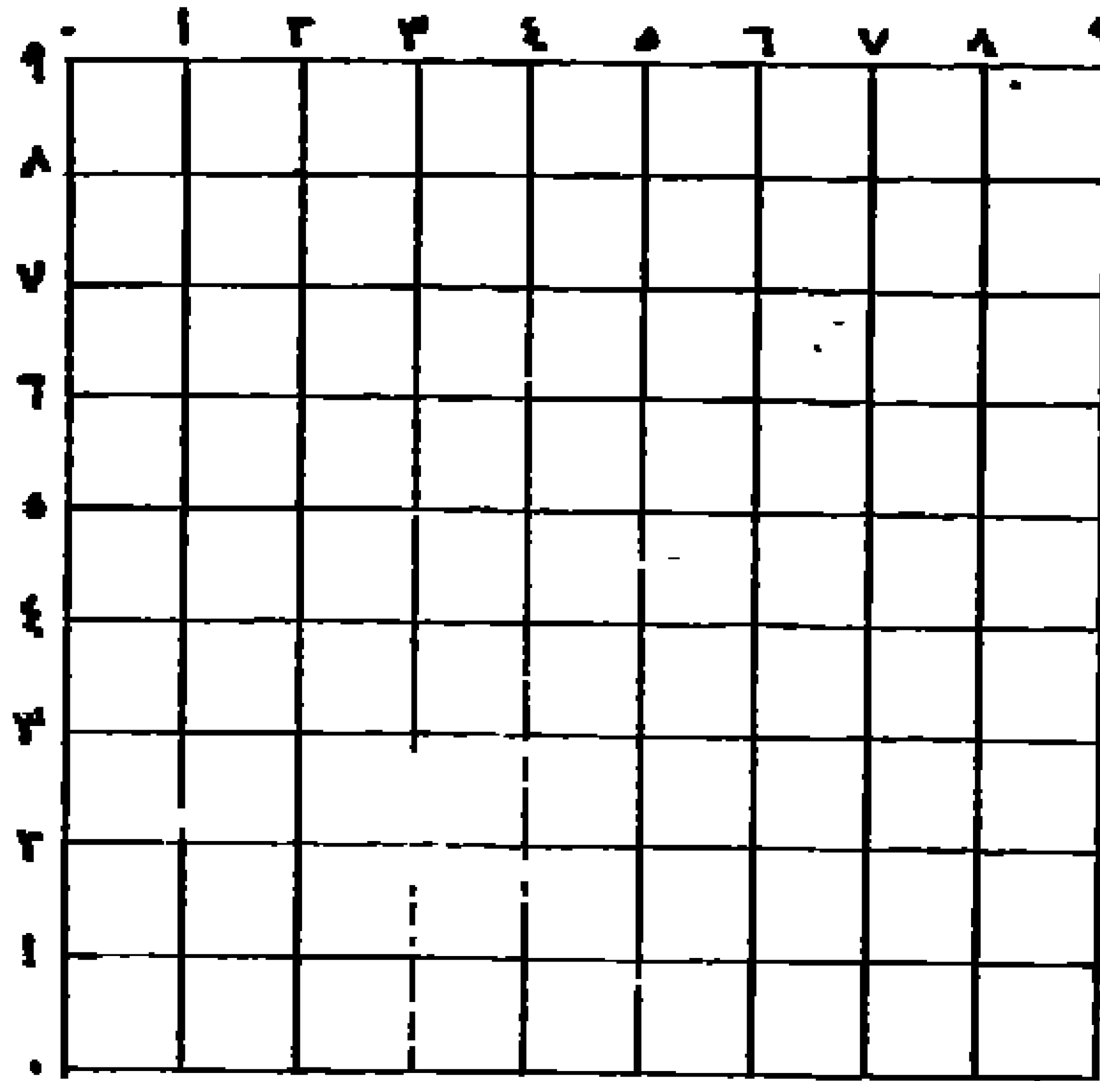
وفائدة هذه الطريقة الاخيرة هى دقة النقل مع صلابة الخريطة المتحصلة

رابعا ــ حيثما لا ينظر الى ضرار الطريقة الآتية يجرى استعمالها وهى ان تطبق المسودة على فرخ الورق الذى يراد نقلها عليه وبواسطة ابرة تثقب النقط الاصلية الكافية لتوصيل خطوط بها ليسهل وضع التفاصيل

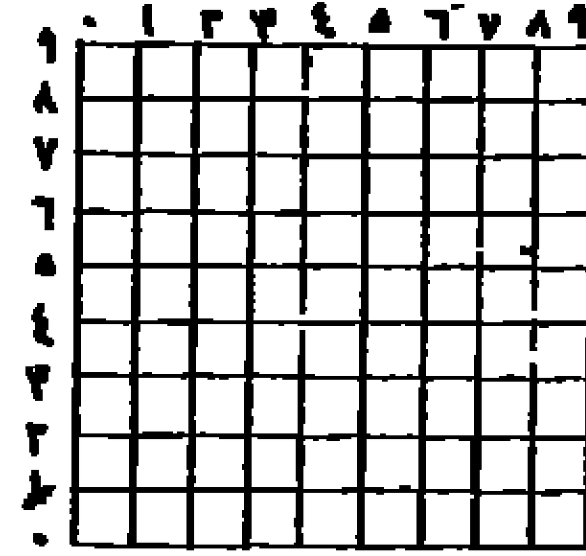
بند ١٣٢ ــ اذا أريد تغيير مقياس الخريطة المقتضى رسمها عن مقياس المسودة بكيفية بحيث ان الاضلاع المتناظرة يكون بينها هذه النسبة $\frac{1}{م}$ مثلا فيبتدأ برسم عدة مربعات على فرخ الورق تكون نسبة أضلاعها الى أضلاع المربعات المرسومة على المسودة كالنسبة $\frac{1}{م}$ (شكل ١٢٧)

ثم يجرى العمل فى رسم التفاصيل كما سبق مع تحويل الاطوال التى تؤخذ بالبرجل أو بالاحداثيات من المسودة الى النسبة المتقدمة

ويستعمل لهذا التحويل اما زاوية التناسب أو برجل التناسب اللذان سنوضح انشاءهما واستعمالهما * ومن الواضح انه اذا كان مقياس الرسم الاصلى هو $\frac{1}{\text{ے}}$ والتحويل



شكل ١٢٧



أجرى بنسبة $\frac{1}{\text{م}}$ فيكون مقياس الرسم المستجد هو $\frac{1}{\text{م ے}}$ لان فى الحالة الاولى المتر من الورق مقابل لأمتار قدرها ے من الارض وفى الحالة الثانية فان هذه الكمية من الورق تكون مبينة لطول أكبر من المتقدم بقدر (م) مرارا أى تكون مبينة لامتار أرضية قدرها ے × م

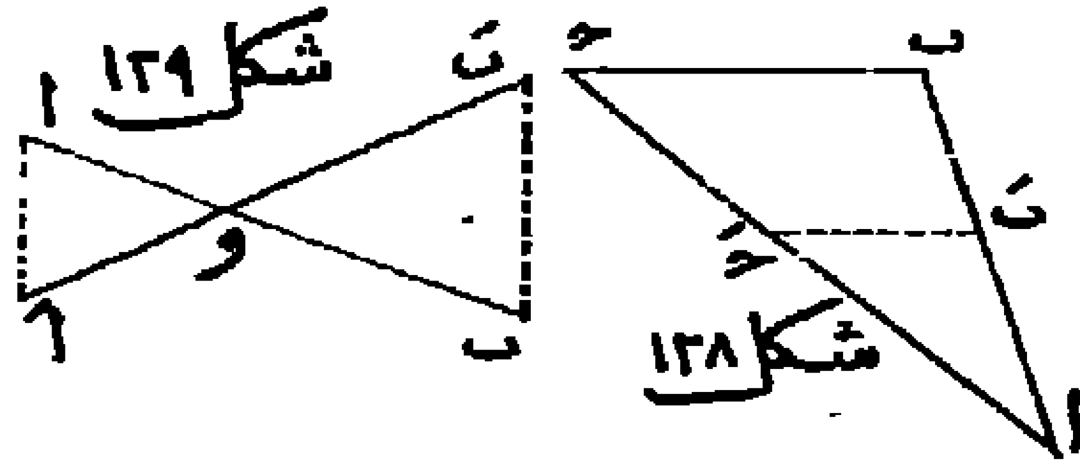
بند ١٣٣ ـ لاجل انشاء زاوية التناسب يؤخذ على ضلعى زاوية حيثما اتفق أ ب حـ (شكل ١٢٨) طولان مثل اب و ب حـ تكون النسبة بينهما كالنسبة $\frac{1}{\text{م}}$ أى التناسب المقتضى التحويل اليه ثم يتمم المثلث بوصل ا حـ ثم تمد موازيات الى ب حـ بحيث تتكون سلسلة من المثلثات المتشابهة رؤسها مشتركة فى نقطة ا وحينئذ فمن الواضح أنه اذا ساوى ضلع من أضلاع المسودة بعدا مثل ابَ فان الضلع بَ حَ الممدود بالتوازى الى ب حـ يكون هو المطلوب وذلك لان

ابَ : بَ حَ :: اب : ب حـ :: ١ : م

بند ١٣٤ ـ برجل التناسب يتركب من فرعين اب و اَ بَ متقاطعين فى نقطة و يكون بها محور دوران شعبتيه بحيث يكون او = اَ و و ب و = بَ و كما فى (شكل ١٢٩)

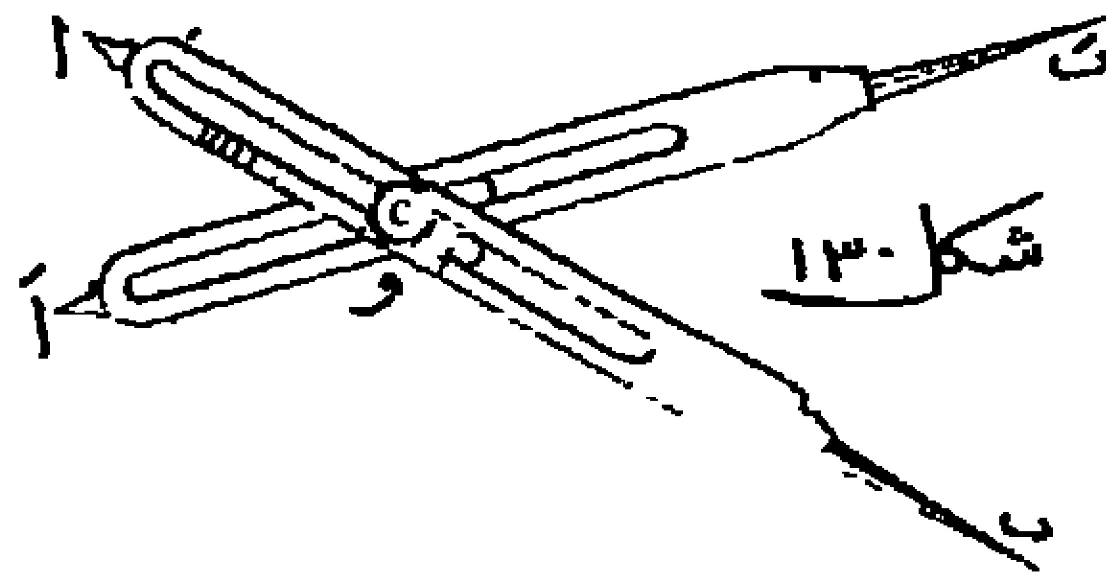
وفى هـذه الآلة الخط الذى يوصل ا و اَ يكون دائما موازيا الخط الذى يوصل ب وبَ ويكون

ا اَ : ب بَ :: او : وب



و ينتج من هـذا أنه اذا كان ب بَ طول ضلع من المسودة يكون ا اَ هو المناظر له على الخريطـة المنقولة متى كان بين او و وب النسـبة المعلومـة وهى $\frac{1}{م}$ (أى النسـبة بين المقياسـين) ويتحصـل على هـذه النسـبة بسهولة بانشاء الآلة المبينة (بشكل ١٣٠)

فالحامل و الذى يفصـل فخذى البرجل يتحرك فى شـبا كين طوليين بحيث يمكن انزلاقه فيهما حسب الارادة والفرعان مـدرجان بحيث مـتى ثبت الدليـل الموجود بالحامل على أحد الاقسام تكون النسبة بـين او و اب كالنسـبة



$\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{5}$ الخ حسبما يكون الدليل أمام نمرة ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ الخ

وفى الآلات المضـبوطة يتحرك الدليل على قضيب مسنن من الوجه الداخل لاحد فرعى البرجل

بند ١٣٥ ـ أحيانا يقصـد نقل المسودة الى خريطة بحيث تكون نسـبة مسطحهما الى بعضهما كالنسبة $\frac{1}{ن}$ (لا بين الاضلاع المتناظرة) فاذا رمزنا حينئذ بحرفى س و سَ لمسطحى المسودة والخريطة أو مسطحى جزأين منهـما متناظرين ورمزنا بحرفى ا و اَ للاضلاع المتناظرة فى كل منهما فيتضح من الهندسة العادية ان

$$س : سَ :: ر^{ا} : ر^{اَ} :: ١ : ن \quad \text{ومنها} \quad \frac{اَ}{ا} = \frac{1}{\sqrt{ن}}$$

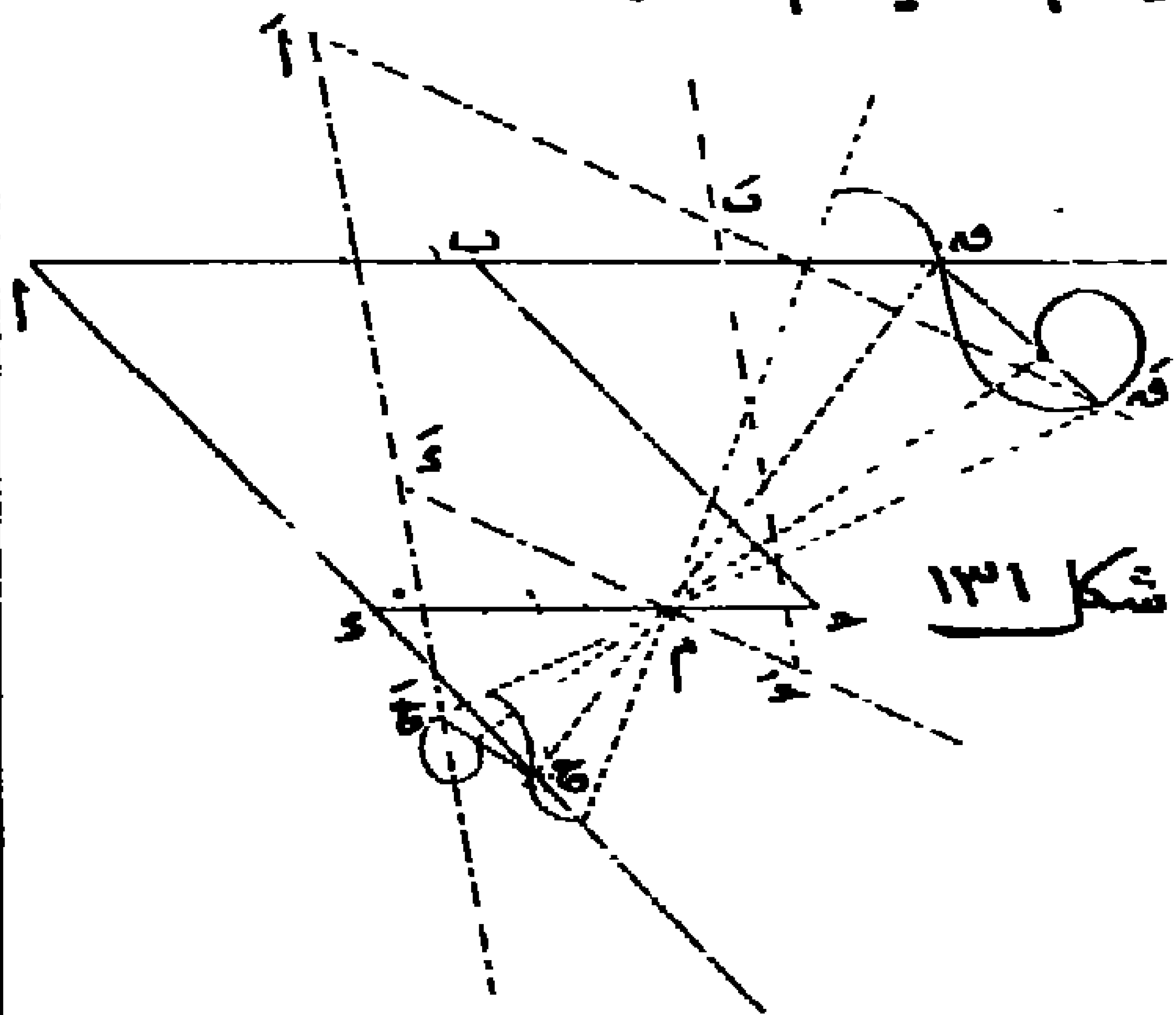
وترجع حينئذ المسألة الى تعيين الضلع ا بواسطة الضلع المناظر له اَ بحيث تكون

النسبة بينهما كالنسبة $\frac{1}{\sqrt{ن}}$ وهى مسألة تحل كما تقدم اما بالمربعات أو ببرجل التناسب (البنتوجراف)

بـ١٣٦ـد ــ الطرق المختلفة التى ذكرناها تستدعى زمنا طويلا متى أريد نقل رسم ذى تفاصيل كبيرة سيما اذا كان ذا امتداد عظيم والآن سنوضح استعمال وتركيب آلة تسمى بالبنتوجراف تستعمل لنقل الرسومات بالضبط بدون استدعاء زمن كبير

البنتوجراف يتركب على وجه العموم من أربع مساطر اب وبحـ وحـ د ود ا متساوية الطول أو متساوية مثنى مجتمعة بأربعة مفاصل بحيث تكون دائما عن اجتماعها شكل معين أو متوازى أضلاع زواياه هى المتغيرة فقط كما فى (شكل ١٣١) وفيه علامة ثابتة مثل ن على أحد الافرع اب أو على امتداده يولف فيها قلم من الصلب كما ان فى م موضوعا محور رأسى داخل فى ركبة ممسوكة بالفرع حـ د بحيث يمكن تحريك الآلة حول هذا المحور المثبت بكتلة من رصاص مقلوظ فيها

اذا تقرر هذا وكان قلم رصاص موضوعا فى نقطة ع التى هى تقابل الخطين ا د و ن م فانه يرسم شكلا مشابها للشكل الذى يرسم بمسير القلم الصلب ن بحيث تكون نسبة أضلاعهما المتناظرة كالنسبة بين بعدى نقطة م عن نقطتى ن و ع



شكل ١٣١

وفى الواقع ان ضلعى ا ن و د م متوازيان فى جميع أوضاع الآلة والمثلثين ا ن ع و د م ع دائما متشابهان وبالنسبة لوضعين كيفما اتفق يكون

ا ن : د م :: ن ع : م ع و

اَ نَ : دَ م :: نَ عَ : م عَ

وبما ان ا ن = اَ نَ و د م = دَ م يكون

ں ح : م ح :: ں َ ح َ : م ح َ ويكون

ں ح − م ح أو ں م : م ح :: ں َ ح َ − م ح َ أو ں َ م : م ح َ

وحينئذ فمثلثا ں ں َ م و ح ح َ م يكونان متشابهين لتساوي زاويتين فيهما (في م) محصورتين بين أضلاع متناسبة على التناظر وحينئذ فخطا ں ں َ و ح ح َ (المرسومان بالتوالي بالقلم الصلب وبالقلم الرصاص) يكونان متوازيين وتكون النسبة بينهما كالنسبة بين ں م و م ح

بند ١٣٧ د − ولنا الآن أن ندرج الآلة بكيفية بها يمكن استعمالها لتحويل الرسم بالنسبة المعلومة $\frac{١}{م}$ (شكل ١٣٢) ولذلك يكفي جعل النسبة بين ں م و م ح كالنسبة المذكورة ويلزم أيضا ان يوجد وضع نقطة م على مسطرة ء ح ونقطة ح على ا ء بحيث يوفي الشرط

ں م : م ح :: م : ١

وحينئذ اذا رمز بالتوالي بحرفي ا و ب للثابتين ا ء و ا ں وبحرفي س و ص للمتغيرين ء ح و ء م (فمهما كان وضع م حيث ان م ء موازدائما ا ں) ينتج ان

ا : س :: ں م : م ح :: م : ١ و

ص : س :: ا ں : ا ح :: ب : س + ا أعني ان

$$س = \frac{ا}{م} ، ص = \frac{ب س}{س + ا} = \frac{ب}{م + ١}$$

شكل ١٣٢

فبإعطاء م مقادير مختلفة وحساب مقادير س و ص المقابلة لكل منها ورسم مقاديرها على فرعي البنتوجراف يتحصل على تدريجه

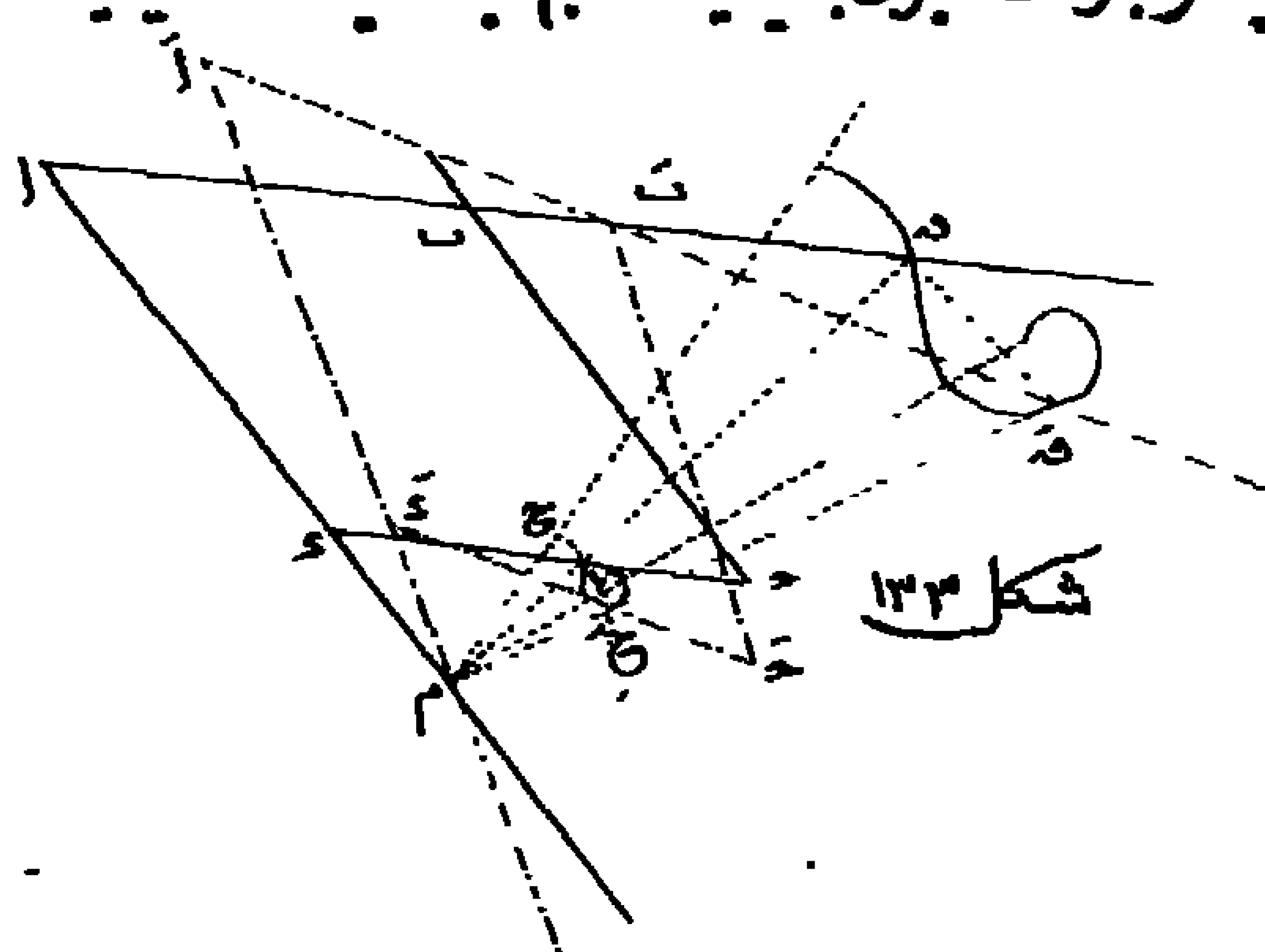
ويتوصل لضبط الطول المتحصل

لكل من س و ص بتحقيق وجود الثلاث نقط ح و م و ن على استقامة واحدة لكل جملة من المقادير

١٣٨ د ـ بعض الفابريقات تضع المركز الثابت فى نهاية المستقيم ن م أعنى على الفرع الخارج ا ء وتضع القلم الرصاص حينئذ فى النقطة المتوسطة لمسطرة ح ء

ومن الواضح أن هذا الوضع لا يؤثر اصلا على الاعتبارات المتقدمة وانه فى هذه الحالة يلزم ان تستعمل الآلة لتصغير الرسومات كما يتضح من (شكل ١٣٣)

والحسابات المتعلقة بتدريج البنتوجراف تجرى بكيفية مشابهة بالكلية للكيفيات السابقة ويوجد بدون صعوبة انه بالنسبة لمقادير ا و ب تكون مقادير المتغيرين س و ص مبينة بالقانونين



شكل ١٣٣

$$س = \frac{1}{م - 1} \quad و \quad ص = \frac{ب}{م}$$

بفرض ان $\frac{1}{م}$ هو معامل جديد للتحويل

١٣٩ د ـ يمكن تركيب بعض الآلات على حسب الوصفين السابق ذكرهما فى آن واحد ويمكن استعمال عملية قسمة واحدة فى كل من الطريقتين وحقيقة يشاهد انه بمساواة مقدارى س أو مقدارى ص تكون الكميتان م و مَ مرتبطتين بالارتباط $مَ = م + 1$

أعنى ان عملية القسمة التى تحدث اختصارا بقدر $\frac{1}{م}$ بواسطة الحامل الموضوع بين الخريطة المنقولة والمسودة ينشأ عنها اختصار قدره $\frac{1}{م+1}$ متى وضعت النقطة الثابتة على الفرع الاكبر

ويمكن ايجاد هذا الناتج باعتبارات هندسية فقط لانه اذا كان ك كَ هو المسار المقطوع بالقلم الصلب على المسودة يكون على خريطة النقل هو ح حَ فى الحالة الاولى و $ح_1 حَ_1$ فى الحالة الثانية كما فى (شكل ١٣٤) والثلاثة خطوط ك كَ و ح حَ و $ح_1 حَ_1$ تكون متوازية وحينئذ يكون

ح حَ : لَـ لَـَ :: ١ : م   وأيضا

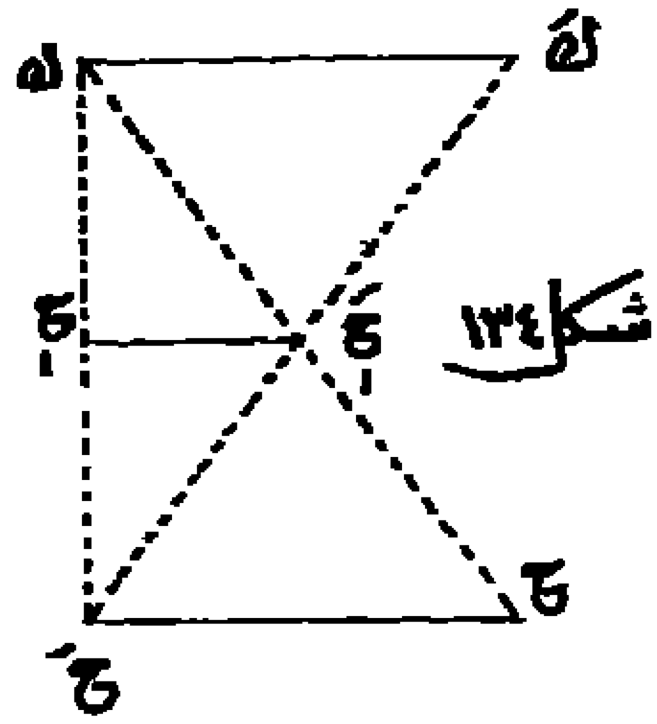
ح حَ : لَـ لَـَ :: ح ح١َ : ح١ لَـ   حينئذ يكون

ح حَ : ح١ لَـ :: ١ : م   ومنه

ح ح١َ : ح حَ + ح١ لَـ أو حَ لَـَ :: ١ : م + ١

وكذا   ح١ حَ : لَـ لَـَ :: ح حَ : ح لَـَ   ويكون

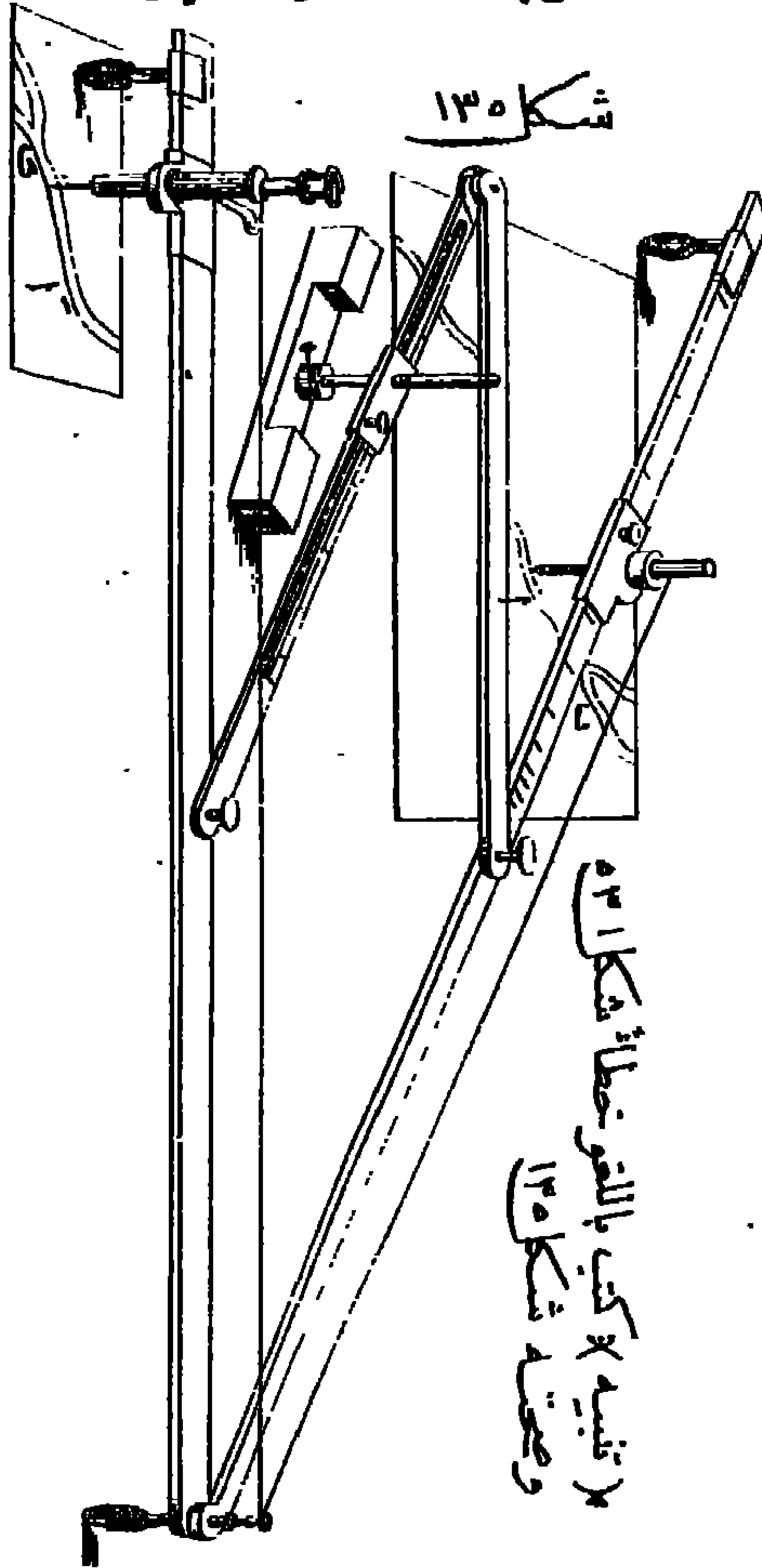
ح١ حَ : لَـ لَـَ :: ١ : م + ١



وهو ناتج موافق للذى ذكر سابقا

بند ١٤٠ د ـ وهاك رسم بنتوجراف مصنوع بالمطابقة للحالتين الاخيرتين وهو المقبول فالحامل الثابت هو فى هذه الحالة بين النقطتين المتحركتين وبسهولة تميز الاربطة التى يوضع فيها القلم الصلب والقلم الرصاص والعجلات مولفة بواسطة مقاريص على نهايات الافرع الخارجة للآلة والتليبسة التى بها يمسك القلم الرصاص مجوفة بتجويف يوضع فيه شئ يكون ثقيلا أو خفيفا تبعا لصلابة القلم الرصاص ولثخن الخطوط التى يراد رسمها (شكل ١٣٥)

والخيط المبين بخط متصل عشابك الحامل يربط فى الجزء الاسفل لتليبسة القلم الرصاص ويخترقها بحيث يمكن به رفع أو خفض هذه التليبسة بمعنى ان



الرسام يداوم على مسك النهاية الثانية من الخيط بحيث يستند القلم الرصاص وليتجنب رسم الخطوط التي ليس لها لزوم على الخريطة عندما يراد رفع القلم الصلب من نقطة الى أخرى على المسودة

والحامل الرأسي يخترق أيضا الفرع الذي ينطبق عليه ويربط من جزئه الاسفل بكتلة من الرصاص مزينة من أسفل بحربة من الصلب قليلة الامتداد حادة جدا بها يتحقق من ثبات البنتوجراف وبالجملة فبرغيات الربط تنزلق على ثلاثة مشابك بها توقف الحركة حينما يكون البنتوجراف موضوعا وضعا موافقا

ويلاحظ انه يوجد جملتان من التقاسيم مرسومتان على فرعي البنتوجراف الموجود بهما الحامل والقلم الرصاص احداهما تستعمل لتحويل الرسم حينما تكون النسبة بين الاضلاع المتناظرة معلومة والاخرى حينما تكون النسبة بين السطوح هي المعلومة وقد قررنا ان التدريج يعمل بكيفية واحدة متحدة في كلتا الحالتين وانه اذا كانت نسبة السطوح هي ن فان نسبة الاضلاع المتناظرة تكون $\sqrt{ن}$

بند ١٤١ ـ يلاحظ ان الضبط يقل متى كان القصد النقل من مقياس معلوم الى مقياس أكبر منه ومع ذلك اذا كان هذا النقل لازما فتعكس هذه العملية ويكفي لذلك ان يبدل القلم الصلب بالقلم الرصاص وبالعكس مع وضع الدليل الموجود بالمقراص على الاقسام المختارة وبذلك تحصل النسبة عكسيا

بند ١٤٢ ـ متى كان الرسم كبيرا يستدعي نقل البنتوجراف مدة سير العملية يلزم قبل نقله ان يرسم على المسودة وعلى الخريطة المنقولة خطان ثابتان متناظران مثل أب وأَبَ وبعد نقل الآلة للوضع المستجد يوضع القلم الصلب على النقطة أ من المسودة وتجعل النقطة أَ من الخريطة المنقولة تحت سن القلم الرصاص ثم تبعد الآلة قليلا لتغرس ابرة في نقطة أَ ثم يوضع القلم الصلب على نقطة ب وتحرك الخريطة المستجدة حول الابرة المغروسة في نقطة أَ الى أن تأتي نقطة بَ منها بغاية الضبط تحت القلم الرصاص فحينئذ يثبت كل من المسودة والخريطة المنقولة ويداوم على تميم الرسم

(رسم

(رسم الخرط المنقولة أو المسودات وتبييضها)

بند ١٤٣ — تبييض الخرط يتركب من ثلاث قواعد

الاولى — الرسم الخطى وهو يشتمل على خطوط توضح الحدود الحقيقية للتفاصيل وتبين بألوان متفق عليها او يدخل ضمنها القطاعات الافقية التى تهيئ شكل الارض

الثانية — الالوان الاصطلاحية التى تتضح بها الاشياء الحقيقية للتفاصيل

الثالثة — الكتابة التى بها يستدل على أسماء الاشياء المختلفة المبينة على الخريطة

وسنوضح هذه القواعد بالتوالى انما ننبه أولا على ان ضبط الخطوط الذى يتبع نظافة الرسم بالقلم الرصاص له أهمية عظيمة فى تبييض الخرط

بند ١٤٤ — ألوان الخطوط — يرسم باللون الاحمر جميع محيطات العمارات كالمنازل والحيطان والقناطر وحافات الترع وتوارات وباللون الازرق حافات المياه وبالاسود والازرق قضبان السكك الحديد وبالاسود حدود الطرق العمومية وحدود المزارع والقناطر والحواجز التى من خشب وبالاخضر الاشجار المحددة للحدائق والبساتين والزريبات والاشجار المنعزلة وأحيانا يستعمل اللون المسمى باللغة الفرنساوية Terre de Sienne brulée (أرض سينا محرقة) لرسم القطاعات الافقية وأرقامها ولجميع الخطوط التى فيها تتغير الميول وكذا يستعمل فى الهواشير وشوات الاتربة اللون المسمى بالفرنساوية Ocre brune (اهرة غامقة)

بند ١٤٥ — تخن الخطوط المتصلة والمجزأة على اختلاف أنواعها — فى جميع المقاييس لا تستعمل الخطوط المجزأة الا فى الاحوال الآتية

أولا — يستعمل لحدود الطرق والمدقات وحدود الاراضى الغير مزروعة والمحتمل زرعها ولكافة الحدود الاخر خطوط مجزأة عادية تخينة

ثانيا — تستعمل لبيان الاشياء التى تكون تحت الارض خطوط مجزأة تخينة يكون لونها أحمر للسراديب المبنية من الحجر ويكون لونها أزرق للقناطر الحاملة فوقها مجارى مياه وأسود لمجارى ورش المعادن التى من خشب

ثالثا — تستعمل لتبيين القطاعات الافقية ان كانت موجودة أجزاء طويلة رفيعة

رابعا — تستعمل لخطوط تغيرات الميول أجزاء قصيرة رفيعة

خامسا - يستعمل للقطاعات الافقية التى تعمل احتياطية أجزاء رفيعة جدا وهذا جميعه فى المقاييس التى هى اكبر من $\frac{1}{5000}$ وبقية الخطوط فى هذه المقاييس تكون متصلة

اما ان كان المقياس أصغر من $\frac{1}{5000}$ فتستعمل الخطوط المجزأة لرسم الطرق العمومية

بند ١٤٦ - ثخن الخطوط - يلزم فى الغالب لوضوح الخريطة تخنين الخطوط بالنسبة لاهمية الاشياء الموجودة بها بجعل الخطوط الدالة على أشياء واحدة بثخن واحد وفى المقاييس الكبيرة يمكن ان يختار ثلاثة أنواع من الخطوط بنسبة الثخن فارفعها يستعمل لتحديد المزارع واوسطها يستعمل فى المدقات والسكك العادية وحدود المساكن والمياه واثخنها يستعمل فى تبيين الاحرف الداخلة للطرق الاصلية والسكك الحديد

ويحتاج غالبا الرسم خطوط تكون أثخن من الخطوط المتقدمة وذلك فى حالة وجود حد له سمك ظاهر لا يمكن تبيينه فى المقياس بخطين فالخشاشيب التى توضع الطرق تبين بخط ثخين متصل أو مجزء يعمل عليه عدة نقط مربعة تدل على مواقع الاخشاب السائدة لهذه الخشاشيب وتكون المسافة مصطلحا عليها بالنسبة لكل مقياس بحيث انه مهما كانت الحيطان فانها ابتداء من مقياس $\frac{1}{200}$ فصاعدا تبين بخط واحد ثخين أحمر وأيضا متى كان بالخريطة خلجان لا يمكن تبيين عرضها بخطين بالنسبة لصغر المقياس فانها تبين بخط واحد ثخين أزرق ومع أنه لا بد من ان يوجد على الخريطة الواحدة خلجان أهم من غيرها فيصير تبيين الاهم فما بعده بخطوط يختلف ثخنها قليلا حسب الاهمية وأيضا متى كان المقياس صغيرا فانه يلزم ترفيع الخطوط الثخينة المبينة للخلجان بالقرب من منابعها

بند ١٤٧ - فى المقاييس الصغيرة تبين الحفر أو الخنادق بخط واحد ثخين أزرق أو سينيا تبعا لكون الحفر بها مياه أو ناشفة

بند ١٤٨ - عرض الطرق العمومية - متى كان المقياس كبيرا للغاية $\frac{1}{5000}$ فان جميع الطرق تبين على الخريطة بعرضها الحقيقى محولا الى المقياس مع بيان جميع التفاصيل الموجودة بها كالترع وتوارات وبيوت الادب والخنادق الخ ومع ذلك ففى

مقياس $\frac{1}{5000}$ يوافق أن يزاد ثلث ملليمتر تقريبا على عرض السكك بعد تحويلها الى المقياس سواء كانت طرقا أو سككا أو مدقات بحيث ان المدقات العمومية التى تكون ضيقة تبين على الرسم بخطين متصلين متباعدين عن بعضهما بقدر نصف ملليمتر من محور خط الى محور الآخر لكن فى هذا المقياس وما دونه عند مرور الطرق داخل البلاد تبين بعرضها الحقيقى لانه لو حصل تعريضها داخل البلاد لنقصت أبعاد التفاصيل المجاورة لها

ومتى كان المقياس $\frac{1}{10000}$ أو أقل فان عرض الطرق بعد تحويله الى المقياس يكون صغيرا جدا فحينئذ لاجل وضوحها يعطى لها عرض اصطلاحى (متى كانت خارجة عن المساكن) بحيث يتضح به أهميتها وذلك باستعمال خطوط متصلة وخطوط مجزأة (وتهمل هذه الحالة فى الخرط المساحية)

وفى هذا المقياس تبين السكك العمومية والطرق الاصلية بخطين ثخينين متباعدين عن بعضهما بقدر ١٫٣ ملليمتر محصورين بخطين رفيعين وكذا سكك البلاد والطرق الثانوية تبين بخطين أحدهما ثخين والآخر رفيع متباعدين عن بعضهما بقدر ١٫٣ ملليمتر محصورين بخطين رفيعين والطرق المساعدة والدروب تبين بخطين فقط أحدهما ثخين والآخر رفيع متباعدين عن بعضهما بقدر واحد ملليمتر والسكك المجاورة متى كانت محجرة لكنها غير منتظمة فانها ترسم بخط متصل وخط مجزء متباعدين عن بعضهما بقدر ٠٫٧ ملليمتر والسكك الصناعية الغير محجرة تبين بخطين مجزأين متباعدين عن بعضهما بقدر ٠٫٧ ملليمتر أيضا وأما المدقات فانها ترسم بخط واحد ثخين جدا يكون متصلا أو مجزأ تبعا لكون هذا المدق معدا لمرور الحيوانات عليه أو مختصا بالآدميين فقط

بند ١٤٩ د — فى شوات الاتربة — الشوات الصغيرة الغير قائمة للجسور أو مجارى المياه أو على العموم الاتربة التى تكون بارزة عن سطح الارض متى كانت متمايلة من نفسها فانها ترسم فى جميع المقاييس مهشرة بلون (اهر غامقه) تكون متجهة فى اتجاه الخط الاعظم ميلا بحيث ان تدريج اللون يكون من رأس الشو الى قاعدته وأحيانا يشكل رأسها بخطوط رفيعة مجزأة باللون المذكور

ومتى كانت هذه الشوات من الصخور فانها تبين بهواشير أفقية متقاطعة بالتعامد بخطوط رملية (أعنى أن الشوات المحتوية على صخور أو الاتربة البارزة ترسم بهواشير أفقية مختلطة مع هواشير متجهة على حسب اتجاه الخط الاعظم ميلا) والخطوط الافقية تكون من أزرق نيلى أو من اللون المسمى بالفرنساوية Teint neutre مقطعة بخطوط ملونة بلون (أرض سينا محرقة) بثخن جزؤها الاعلى

بند ١٥٠ — الشوات البارزة للترع والسكك الحديد — ترسم هذه الشوات فى المقاييس الكبيرة طبقا لاصطلاحات رسم الاستحكامات بان يعتنى بعمل خطوط ثخينة فى الرأس كثيرا عن جهة القاعدة وفى خرط التبييض ترسم الشوات عادة بالحبر الصينى مع تدريج اللون من رأس الشوات نحو القاعدة ثم يوضع عليها لون أخضر خفيف أو (أرض سينا محرقة) تبعا لكون هذه الشوات هى شوات حفر أو ردم وفى المقاييس التى هى اقل من $\frac{1}{10000}$ ترسم هذه الشوات بهواشير لونها (اهره غامقه) مثل شوات الاتربة

بند ١٥١ — تفاصيل الردم فى المقاييس المختلفة — قد يتفق أن المقاييس تصغر أحيانا الردم بحيث لا يمكن تبيينه بالخريطة فمثلا مقياس $\frac{1}{5000}$ لا يمكن فيه تبيين مسطاح الترع وفى مقياس $\frac{1}{10000}$ تعدم الشوات القليلة الارتفاع فتبين بخط واحد يدل على نهاية أثربتها

بند ١٥٢ — ميل أجناب حيطان التكسية — ميول أجناب حيطان التكسية لا ترسم الا فى مقياس $\frac{1}{1000}$ وأحيانا ترسم فى مقياس $\frac{1}{2000}$ متى أمكن بيانها بوضوح وأما فى المقاييس الصغيرة فان حيطان التكسية تبين بخط واحد ثخين أحمر بخلاف الحيطان المنعزلة التى تكون أسماكها كبيرة فانها تبين بخطين لغاية ما يكون المقياس $\frac{1}{1000}$ ويملأ ما بين هذين الخطين بالفرشة باللون الاحمر الخفيف وفى مقياس $\frac{1}{5000}$ تبين الحيطان ذات القصات بخطين أو بثلاث خطوط جرمتباعدة عن بعضها بحيث يكون الرسم ظاهرا وحينئذ فالخطان الخارجان يكونان قليلى الثخن لان أحدهما يكون هو عبارة عن الجنب المكسى والآخر هو الحرف الداخل ويكون خط الجنب الداخل أرفع من الآخر ثم يملأ مسافة ما بين الخطين باللون الاحمر

واحيانا

وأحيانا يجرى العمل بهذه الكيفية فى مقياس $\frac{1}{10000}$ لكن فى الغالب يرسم فى هذا المقياس خطان أحدهما غليظ والآخر دقيق

بند ١٥٣ – المنازل التى من البناء أو من الأخشاب – ترسم الدوائر الخارجة للمنازل بخطوط حمر متى كانت المنازل مبنية بأحجار وبخطوط سود متى كانت من أخشاب أو من (لبن) طوب نئ وداخل البناء يلون باللون الاحمر الخفيف أو بالاسود الخفيف والدائر يكون مخططا بخطوط من جنس الالوان المذكورة انما يكون ثخينا فى الجهة المقابلة للضوء بحيث يفرض دائما ان هذا الضوء آت من الزاوية الشمالية العليا المستطيل الخريطة والخطوط الظاهرة المذكورة بها يتضح لون دائر المنزل وطبيعة البناء وبها أيضا تنتهى الخريطة

وحينما تكون هذه الحيطان حدود خرابات فتحديدها يكون بخطوط مجزأة بالاحمر أو الاسود بالنسبة لحالة البناء المخرب ومع ذلك فلا تلون من الداخل

وكذا فى المسطحات لا يبين على الخريطة الا الدائر العمومى لأسوار المساكن التى تكون بجوار بعضها بدون تمييز حدود الاملاك ويكون الامر كذلك فى البلاد ماعدا حالة ما يكون المستعمل هو مقياس $\frac{1}{1000}$ فيرسم دائر الحدائق الداخلة فى بعض المساكن المهمة

ومتى وجدت عمارات عمومية يرسم دائرها بخطوط أثخن من غيرها

وفى مقياس $\frac{1}{5000}$ ترسم الاحرف الاصلية للجملونات بخطوط سود رفيعة بفرض ان الضوء آت كما تقدم من الزاوية الشمالية العليا

بند ١٥٤ – الآبار والينابيع – الآبار تبين على الخرط بدوائر حمر عالأ باللون الازرق وتبين الينابيع والحنفيات عموما بدوائر صغيرة ملونة باللون الازرق

بند ١٥٥ – حدود القياسات – تبين نهاية الكيلومترات أو الاميال المقيسة بواسطة نقط مربعة حمر ويكتب عليها أيضا نمرة الكيلومتر أو الميل

بند ١٥٦ – المشايخ المنعزلة – ترسم الاضرحة المنعزلة بدوائر حمر مماس لها من الجهة العليا قوس أحمر على هيئة الهلال

الصلبان المنعزلة ـ الصلبان المنعزلة تبين بمربع صغير أحمر داخله صليب أحمر أو أزرق أو أسود بحسب كون الصليب من البناء أو من الحديد أو من الخشب

بند ١٥٧ ـ الاشجار ـ متى كانت الاشجار منعزلة فانها تبين امابدائرة صغيرة بلون أخضر خفيف فى حالة ما يكون المقياس كبير الغاية $\frac{1}{5000}$ واما بنقط خضر متى كان المقياس صغيرا ثم ان تكبر وتباعد هذه الدوائر أو هذه النقط يكون متعلقا بحالة ما اذا كانت الاشجار باحرف الطرق أو الحدائق أو على شواطئ الخلجان فاصطلاحها فى المقاييس المختلفة يكون بحسب امتداد خط الاشجار بحيث يلاحظ عدم اختلاط الاشجار بخطوط مجزأة

وفى الاراضى التى تكون زراعتها الاصلية هى الاشجار ذات الفواكه حيث ان غرسها يكون منتظما بان تكون فى رؤس التراببيع المكونة من خطوط موازية لاطول ضلع من السطح فرسمها على الخريطة يكون بهذا الوضع بخلاف الاشجار المنعزلة التى تكون بالمزارع فانها لاتكون منتظمة الابعاد عن بعضها فى الرسم كما ان حقيقتها تكون كذلك

وفى مقياس $\frac{1}{5000}$ فمادونه فان الاشجار التى تكون على الطرق ترسم دائما خارج الخطوط المحدودة سواء كان الطريق جسرا عموميا أو جسرا يصحب خندقا ويلزم الاعتناء بوضع كل اثنين منها على خط واحد عمودى على المحور كما ان الاشجار التى تحيط خليجا بدل وضعها بالهيئة المتقدمة توضع بحيث تكون أشجار كل شاطئ فى مقابلة الفواصل بين أشجار الشاطئ الثانى

الباب الثالث

فى أخذ مساحات الاراضى

بند ١٥٨ ـ قبل أخذ مساحة أى ملك يلزم جوبه لمعرفة محيطه

ومحيط الملك هو خط مستمر مستقيم أو منحن أو مختلط يفصله عن الاملاك المجاورة له ويسمى حدا وقد تكون الحدود ثابتة أو موقتة

فالحدود الثابتة كالخنادق والحيطان والطرق ومجارى المياه والزربيات وغيرها

ومتى

ومتى وجدت زربيات أو خنادق أو حيطان فتعتبر تابعة لكل من الملكين بالمناصفة أما ان كانت تابعة لاحد الملكين فتضم عليه وحده

أما الطرق العمومية والانهر الملاحية وترع الري العمومية فانها تكون حدودا طبيعية وكل حرف منها مجاور الملك فانه يحدده (أعني تكون خارجة عن زمام كل من الملكين)

والحدود المؤقتة هي الموصلة بين كل ترويستين

والتراويس هي أحجار كبيرة تغرس بالارض من مسافة الى أخرى لتحديد الخط الفاصل للملكين متجاورين ويعتبر الحد بين كل ترويستين متواليتين كانه خط مستقيم

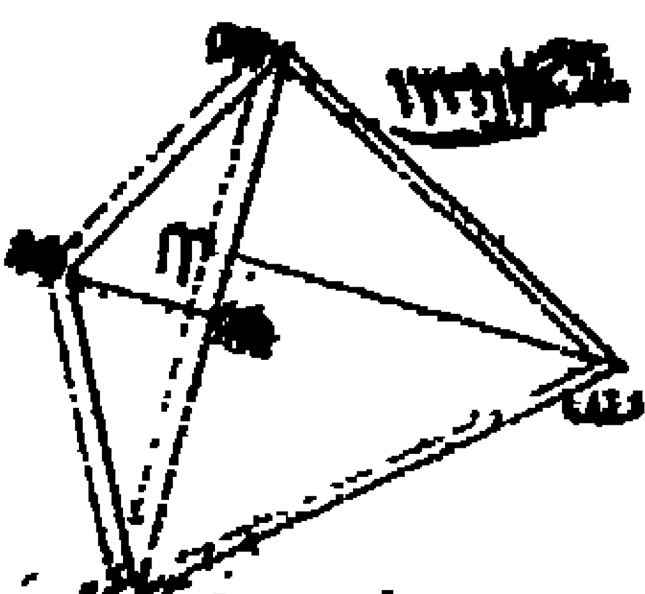
فعلى ذلك لتحديد أي ملك توضع تراويس في رؤس المضلع المحدد للارض وتوضع تراويس أخرى مساعدة في الخطوط الطويلة جدا وكذا في الاراضي ذات التعاريج

ويلزم أن نطبق أخذ المساحة أولا على كثيرات أضلاع يكون عدد أضلاعها قليلا ثم على مساحة الاراضي الكبيرة التي محيطها ذو امتداد عظيم والمعرجة وأخيرا على الحالة التي يكون فيها المحيط مكونا من خطوط منحنية

(تنبيه) — يقسم أي ملك يقصد عمل مساحته الى مستطيلات ومثلثات قائمة الزوايا وأشباه منحرف

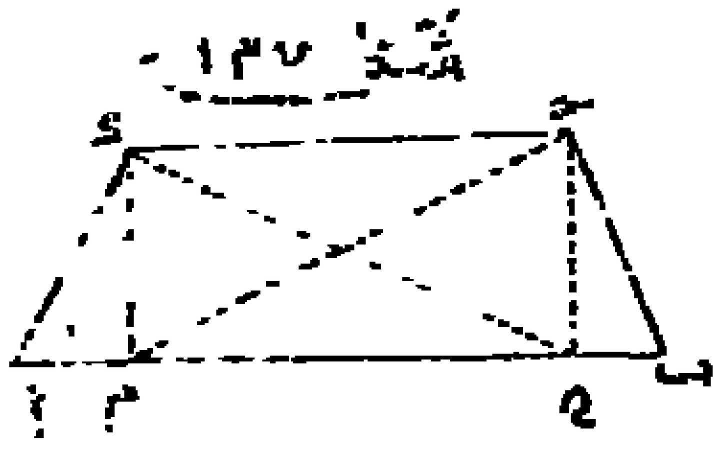
ومعلوم أن مساحة المستطيل تساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه ومساحة المثلث تساوي نصف حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه ومساحة شبه المنحرف تساوي نصف مجموع القاعدتين المتوازيتين في ارتفاعه ومساحة المثلث بدلالة أضلاعه ا و ب و ح تعلم من هذا القانون

$$\text{س} = \sqrt{\text{ك}(\text{ك}-\text{ا})(\text{ك}-\text{ب})(\text{ك}-\text{ح})} \quad \text{الذى فيه} \quad \text{ك} = \frac{\text{ا}+\text{ب}+\text{ح}}{2}$$



نمرة ١٥٩ — الاشكال الرباعية — الطريقة الاولى — لتقدير مساحة الشكل الرباعي ابحى يمد القطر اح وينزل عليه عمودا بم و ىن من الرأسين ب و ى فتكون (شكل ١٣٦)

$$\text{المساحة} = \frac{\text{اح} \times \text{ىن}}{2} + \frac{\text{اح} \times \text{بم}}{2} = \text{اح}\left(\frac{\text{ىن}+\text{بم}}{2}\right) \quad (1)$$



اعنى تضرب القاعدة المشتركة فى نصف مجموع الارتفاعين

الطريقة الثانية — ينزل العمودان دم و حن على أحد الاضلاع اب مثلا فالشكل الرباعى يمكن اعتباره مركبا من شبه منحرف ومثلثين قائمى الزاوية أى يكون (شكل ١٣٧)

$$\text{ابحد} = \frac{\text{ام} \times \text{دم}}{2} + \frac{\text{دم} + \text{حن}}{2} \times \text{من} + \frac{\text{بن} \times \text{حن}}{2} \quad (\text{ب})$$

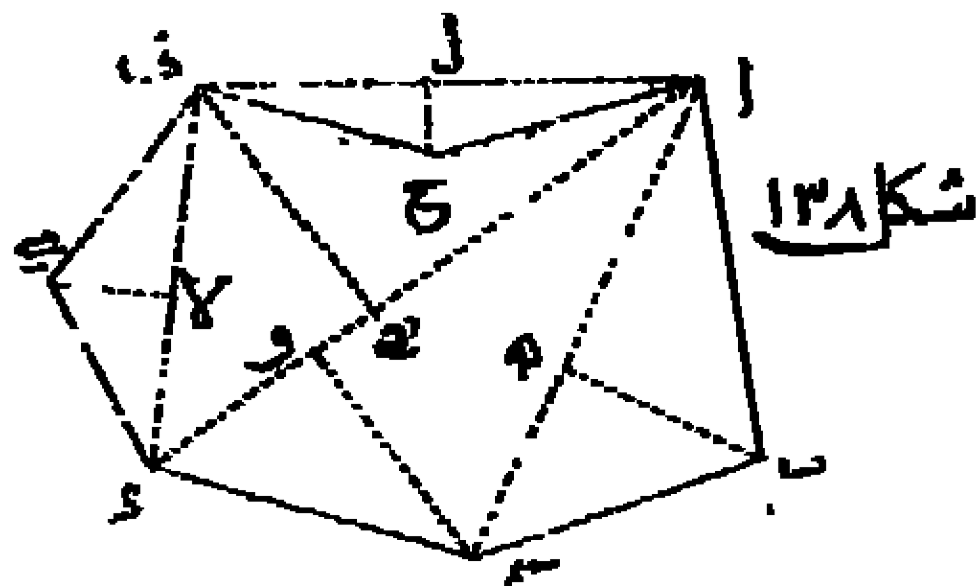
ولتقدير أى شكل كان يركب من أشكال بسيطة كما فى هذه المسألة

مسئلة ١٦٠ — المطلوب عمل مساحة قطعة أرض بواسطة الجنزير لذلك يؤخذ قطر أو مستقيم فاصل مار بنقطة داخله ويركب الشكل من مثلثات تقاس أضلاع كل منها ويستعمل القانون

$$\text{س} = \sqrt{\text{ل}(\text{ل} - \text{ا})(\text{ل} - \text{ب})(\text{ل} - \text{ح})}$$

وهذه الطريقة وان كانت تعطى نتائج جيدة حيثما تكون الخطوط مقيسة بالضبط والتأنى الا انها تحتاج لحسابات مطولة فلا تستعمل الا فى المضلعات التى عدد أضلاعها قليل أو حيثما لا يوجد آلات خلاف الجنزير

مسئلة ١٦١ — المطلوب عمل مساحة قطعة أرض ابحدع (شكل ١٣٨) بالجنزير ومثلث المساح لذلك تركب الارض من مثلثات تقاس ارتفاعاتها فقط على الارض فمثلا فى المثلث ا ب ح يلزم أن يقاس كل من احو ب هـ وبالرمز لسطح المضلع بحرف س يحدث



$$\text{س} = \frac{\text{اح} \times \text{به} + \text{اد} \times \text{حد} + \text{اد} \times \text{فل} + \text{دف} \times \text{حلا} - \text{اف} \times \text{عل}}{2}$$

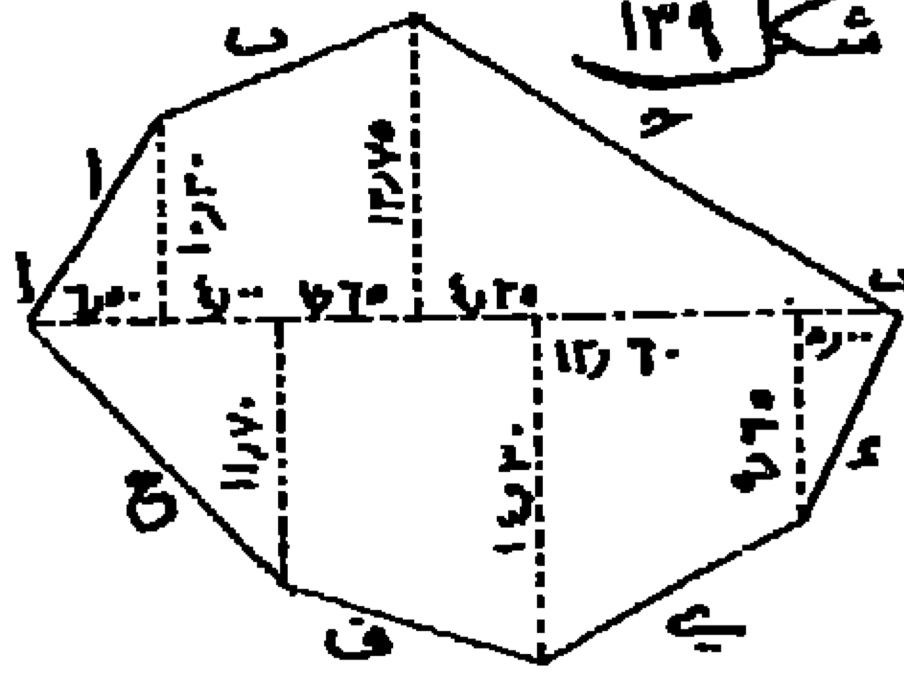
أعنى يساوى مجموع الاربع مثلثات الاول ناقصا منها المثلث الخامس

وهذه الطريقة قليلة الاستعمال لانها تحتاج الى قياس عدد كثير من الخطوط والى زمن كبير لتحديد الارتفاعات المختلفة للمثلثات والاحسن استعمال اتجاه مشترك يمكن اقامة عدة أعمدة عليه تمر برؤس المضلع المراد أخذ مساحته وتتركب الارض حينئذ من مثلثات قائمة الزوايا وأشباه منحرف ارتفاعاتها على الضلع المشترك والاعمدة المختلفة

تسمى

تسمى احداثيات رأسية للرؤس وينتخب الضلع المشترك بحيث يمكن المرور عليه بسهولة ويشاهد منه عدد كثير من رؤس المضلع ويكون متجها فى اتجاه أكبر الاضلاع الارضية وتكون الاحداثيات الرأسية قصيرة ومن المهم مرور هذا الضلع المشترك برأسين من الشكل

فليكن أ ب (شكل ١٣٩) الاتجاه الموفى على قدر الامكان للشروط المتقدمة فيجرى السير على هذا الاتجاه وبواسطة مثلث المساح



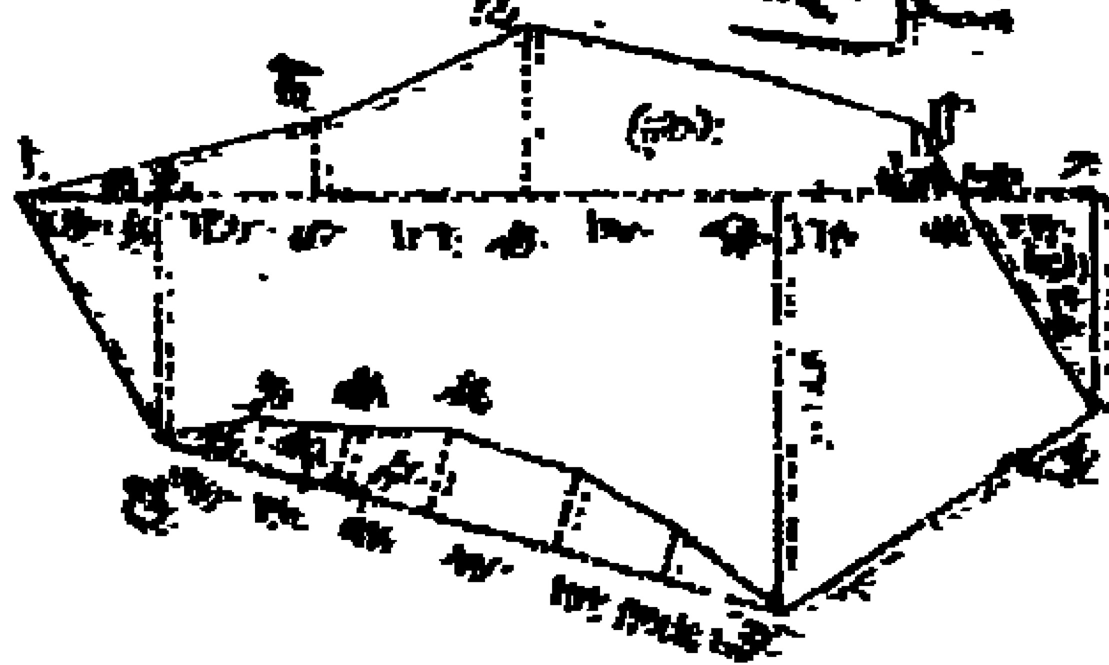
تعين مواقع الاعمدة المارة برؤس الشكل فيتركب الشكل الكلى من مثلثات واشباه منحرف ثم يقاس على الاتجاه أ ب الاجزاء المحصورة بين مواقع الاعمدة بالابتداء من نقطة أ مثلا ولتكن بالتوالى هى ٥٠ , ٦ متر و ٠٠ , ٤ متر و ٦٥ , ٧ متر الخ ثم يتحقق بقياس الطول الكلى للخط أ ب الذى يلزم ان يكون مساويا لمجموع الاجزاء والاحسن نسبة جميع الابعاد الى نقطة واحدة بأن يقاس أولا ٥٠ , ٦ متر و ٥٠ , ١٠ و ١٥ ,١٨ الخ ثم تقاس الاعمدة النازلة من رؤس المضلع ولتكن ٢٠ ,١٠ متر و ٧٠ ,١١ متر و ٧٥ ,١٢ متر الخ

ثم تحسب مسائح الاشكال التى انقسم اليها الشكل الكلى باعتبار ان ارتفاعات أشباه المنحرف دائما على الضلع المشترك أ ب وقواعدها المتوازية هى الاعمدة فثلا شبه المنحرف ب يكون ارتفاعه ٠٠ ,٤ متر + ٦٥ ,٧ متر = ٦٥ ,١١ وان كانت المسافات مقيسة بنسبة نقطة واحدة فيكون بعد الرأسى الاول ٥٠ ,٦ متر والثانى ١٥ ,١٨ متر والارتفاع هو ١٥ ,١٨ − ٥٠ ,٦ = ٦٥ ,١١

وعادة يعمل جدول يكتب فيه نمر أو أحرف تدل على الاشكال المراد تقدير مساحتها ثم مسائح الاشكال المذكورة

وحينما يكون بعض الاعمدة النازلة من رؤس المضلع على الضلع المشترك واقعا خارجا فيجرى العمل كما فى (شكل ١٤٠) الذى منه يتضح ماهو آت

أولا ـ ان الضلع المشترك أ ب لم يؤخذ واصلا بين رأسين من رؤس المضلع مثل أ و ء لوجود موانع تمنع جوبه



ثانيا ـ قد استعمل الضلع الثانى المساعد ف ح الذى نهايتاه مربوطتان بالضلع المشترك الاصلى باحداثيين ٣١ و ٥٧ لان الاعمدة النازلة من النقط و و ك و ن الخ على ف ح قصيرة جدا عن الاعمدة النازلة من هذه النقط على الخط المشترك الاصلى ان لم نقل بوجود موانع بين هذه النقط وخط أ ب

ثالثا ـ الابعاد تكون مقيسة بنسبة نقطة أصل واحدة فشبه المنحرف ب ارتفاعه يكون ١٠٦ ـ ٦٣ أو ٤٣ مترا وشبه المنحرف ى ف ح هـ يكون ارتفاعه ١٥٠ - ٢٧ = ١٢٣ مترا وهلم جرا

رابعا ـ يلزم على قدر الامكان عمل مذكرة على البعد ١٨٧ بين تقابل خط م ء مع أ ب بالابتداء من أ وأما اذا كانت الثلاث نقط م و ب و ء على استقامة واحدة فيستخرج البعد ل ح = ٢٢٠ - ١٦٥ = ٥٥ مترا ثم يقسم ل ح الى قسمين مناسبين لمقدارى العمودين ل م و ح ء لان مثلثى ب ل م و ب ح ء المتشابهين يحدثا

$$\frac{\text{ب ل}}{\text{ب ح}} = \frac{\text{ل م}}{\text{ح ء}} \quad \text{ومنها} \quad \frac{\text{ب ل}}{\text{ب ل} + \text{ب ح}} = \frac{\text{ل م}}{\text{ل م} + \text{ء ح}} \quad \text{أو}$$

$$\text{ب ل} = ٥٥ \times \frac{٢٤}{٦٠} = ٢٢ \ \text{متر}$$

وبالمثل يوجد $\text{ب ح} = \text{ل ح} \times \frac{\text{ء ح}}{\text{ل م} + \text{ء ح}} = ٥٥ \times \frac{٣٦}{٦٠} = ٣٣ \ \text{متر}$

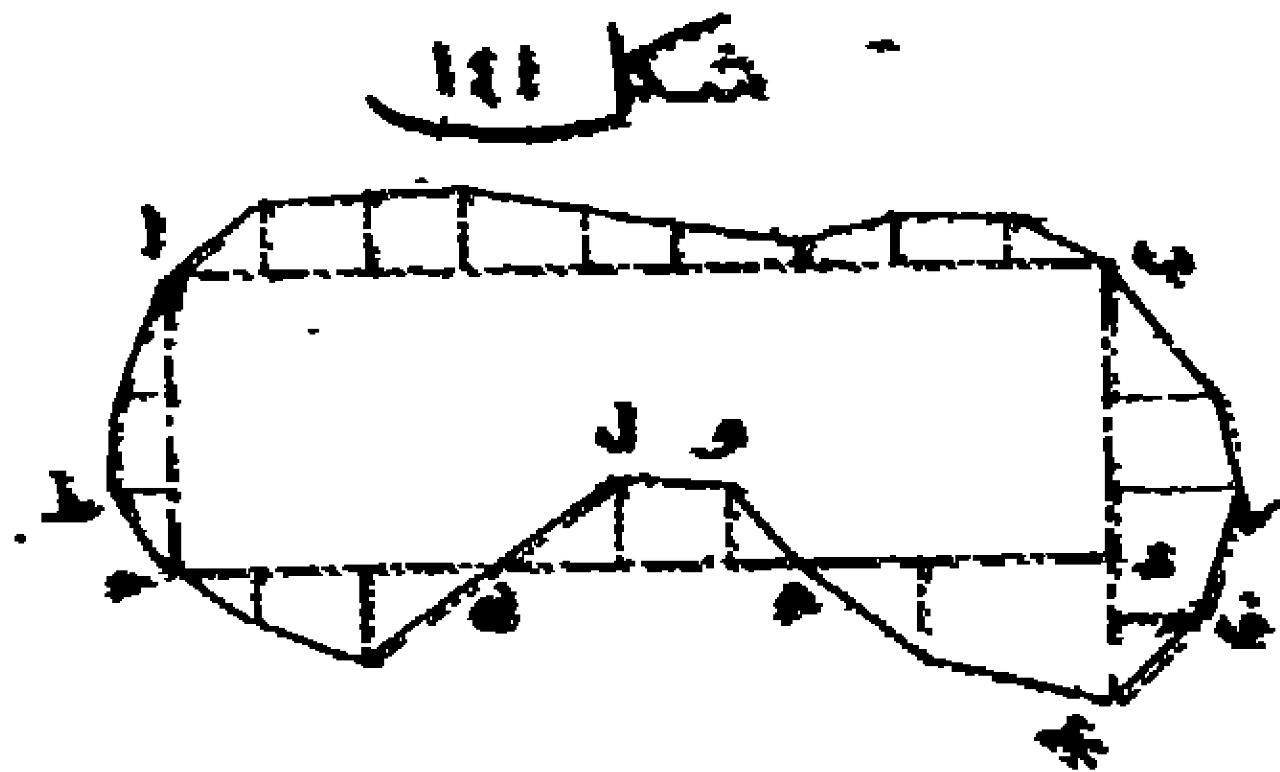
خامسا ـ لايجاد مساحة قطعة الارض يلزم طرح مساحة المثلث ب ح ء من شبه المنحرف ح ء ف ى وأيضا يلزم طرح مجموع الاجزاء و و ك و ن من شبه المنحرف (ف)

وعادة تجمع المساحة اللازم طرحها أو يطرح مجموعها من مجموع المساحة الاخرى ويجرى الحساب بجدول لتسهيل العمل

ب ١٦٣ د — لتجنب تطويل الاحداثيات الرأسية تنتخب اتجاهات متقاربة من محيط الشكل تربط ببعضها ويتكون عنها فى الارض مضلع يصير مسحه بالكيفية السابقة وكل ضلع من أضلاعه يعتبر اتجاها مشتركا

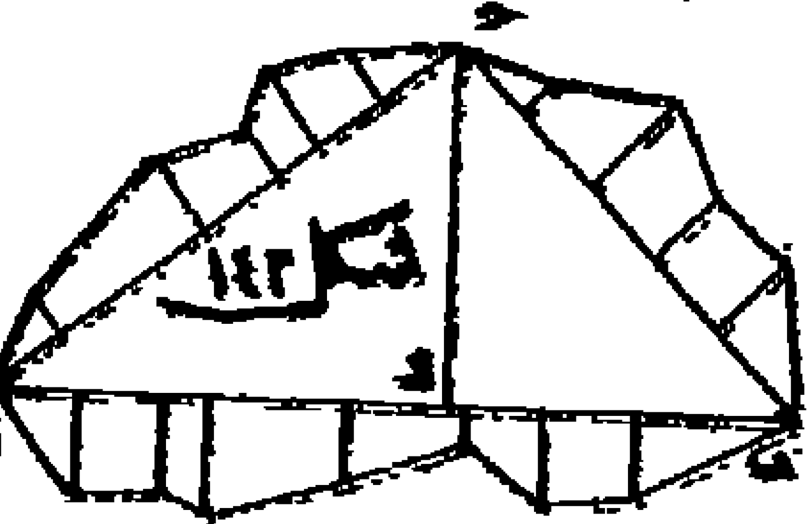
ولتكن قطعة الارض ط ى محيطها معوج ذو ابعاد كبيرة فبعد انتخاب الضلع ا ب من المستطيل يقام عليه عمودا ا هـ و ب ے ويؤخذ ب ء = ا ح فكل ضلع من أضلاع المستطيل ا ب ء ح يستعمل كاتجاه مشترك ويتبع هذه الطريقة التنبيهات الآتية وهى

أولا — فى أغلب الاحوال لا تكون الرأس الرابعة على المحيط كما فى (شكل ١٤١)



ثانيا — يمكن ان تكون جميع رؤس المستطيل داخل الشكل

ثالثا — لمعرفة المساحة العمومية لقطعة الارض يلزم ان يضاف لمساحة المستطيل مساحات اشباه المنحرف والمثلثات الداخلة وتطرح من الناتج مساحة التقاسيم الخارجة وعلى العامل ان ينتخب الشكل المرسوم داخلا موافقا لحالة الارض ففى مثل (شكل ١٤٢) يستعمل المثلث الذى كل من أضلاعه يعتبر اتجاها مشتركا وتعلم مساحة المثلث بالقانون



$$س = \sqrt{ﻟ (ﻟ - ا) (ﻟ - ب) (ﻟ - ح)}$$

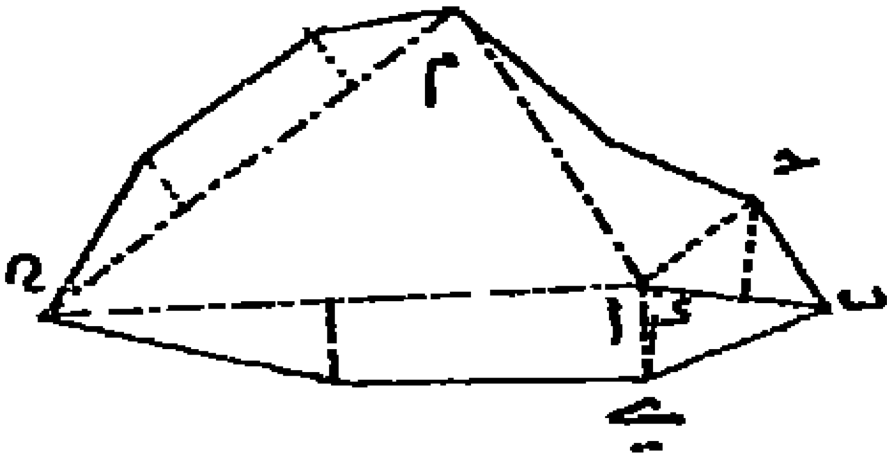
والتحقيق ان ينزل الارتفاع ح ء ويستعمل القانون

$$س = \frac{اب \times ح ء}{٢}$$

ويصير مطابقة المقدار الناتج منه بالمقدار المتقدم

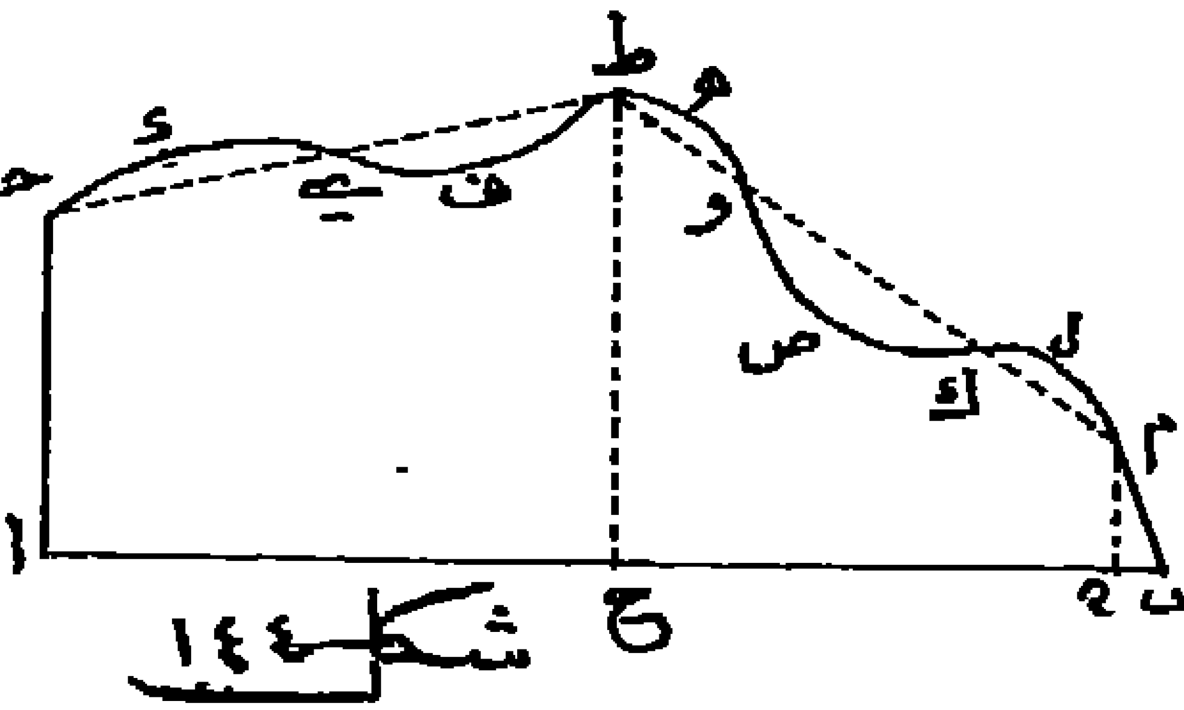
لا يكون بالمساحة صعوبات حينما يكون كل من الرؤس على المحيط حيث انه بأخذ نقطة ا داخلة كما فى (شكل ١٤٣) يلزم اقامة عمودى ا ح و ا ے منها على ضلعى

ام و ا ن وعمودى حء و ىف على اب لامكان أخذ مساحة الشكل الرباعى ا ح ب ى وفى الاراضى التى محيطها ذو امتداد متسع يمكن أن يرسم داخلها مضلع حيثما اتفق يسهل أخذ مساحته ويعتبر كل من أضلاعه كاتجاه مشترك انما يلاحظ اختيار شكل يكون مسحه سهلا ويمكن أيضا رسم شكل منتظم خارج الارض كمستطيل أو شبه منحرف أو مثلث



بحيث ان أضلاع الشكل المساعد المذكور تكون على قدر الامكان مارة ببعض رؤس المساحة المطلوبة ثم يؤخذ مساحته ويطرح منها مجموع المساحات الخارجة عن الشكل الاصلى ولا ينتخب الشكل الخارج الا حيثما يكون المرور داخل الارض المقصود مسحها صعبا أو مستحيلا

بند ١٦٣ ـ قد يتأتى ان تكون محيطات الغيطان محددة جميعها أو جزء منها بخطوط منحنية أى انحناء ففى مثل هذه الحالة تكون المساحات اللازم عملها تقريبية وتعمل مساحة ملك محصور بين مستقيم ومنحن بعدة طرق

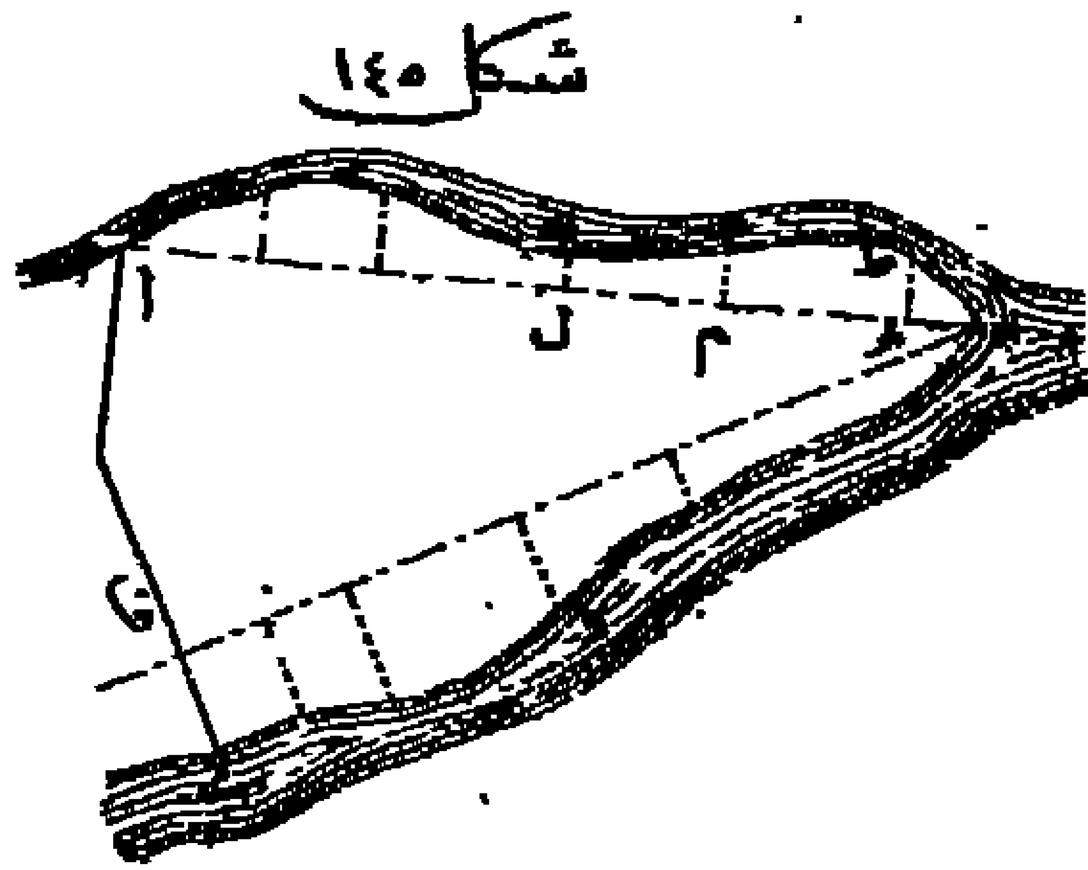


بند ١٦٤ ـ أولا طريقة التعديل ـ ليكن محيط محدود بمنحن ح ط ل ب وخط منكسر ح ا ب (شكل ١٤٤) فيحدد عليها نقطة ط بحيث تكون القطعة المتروكة ح ء ى مكافئة للقطعة المضافة ى ف ط ثم ينتخب مستقيم ط م بحيث يكون و ص ك = ط هـ و + ك ل م وحينئذ فيوجد هنا تعديل ويمكن اعتبار الجزء الباقى ب م من المنحنى كخط مستقيم وحينئذ فقد عوضنا الارض اللازم عمل مساحتها بشكل ا ح ط م ب يسهل عمل مساحته كما تقدم بعد العمودين م ن و ط ع وحساب مساحة المثلث وشبهى المنحرف

وطريقة التعديل أسرع من غيرها الا انها لا تعطى نتائج مضبوطة الا اذا كان المهندس ماهرا فى أعماله بحيث يجعل القطع التى مثل حو ى و ى ف ط اللازم تعديلها ذات امتداد قليل

١٦٥ د — ثانيا طريقة اشباه المنحرف الداخلة — ليكن ا ب حو ى غيطا محدودا جزء منه بمجرى ماء (شكل ١٤٥) فيؤخذ مستقيما ا حو و حو ف كقاعدتين قريبتين من المحيط لاجل ان تكون الاعمدة قصيرة على قدر الامكان ثم ينتخب عدة نقط كالنقط ط و ب و ك الخ بحيث تكون ط ب و ب ك الخ مستقيمات وترسم الاعمدة ط هـ و ب م و ك ل الخ فتحدث اشباه منحرف ومثلثات يسهل عمل مساحتها وحاصل الجمع يكون هو المساحة المطلوبة

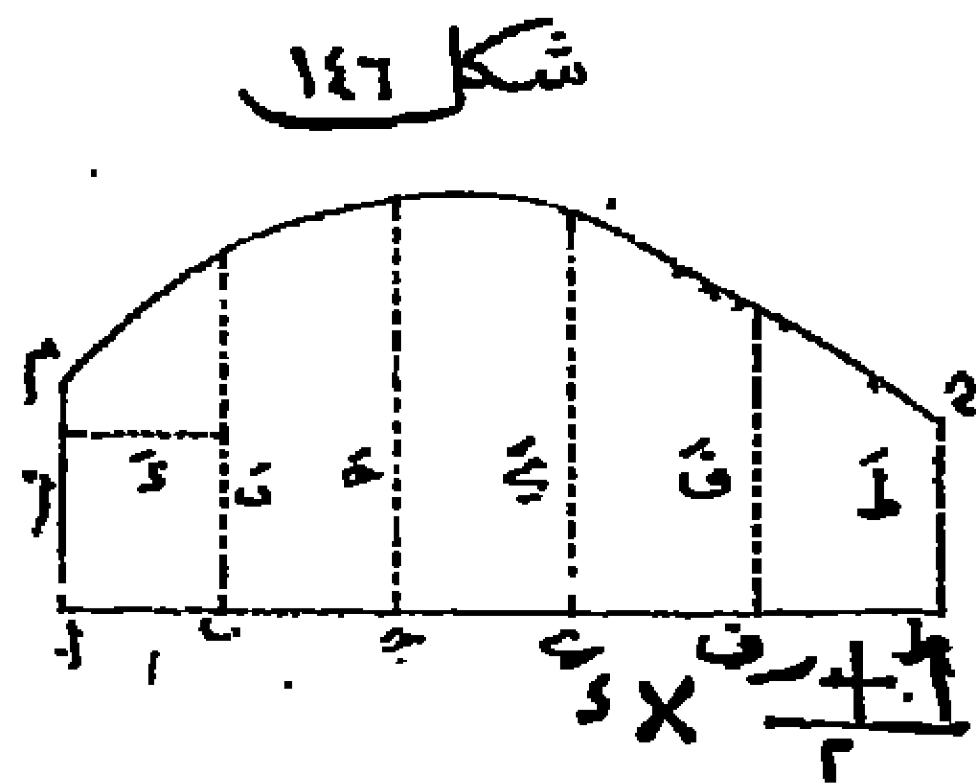
شكل ١٤٥



ولا يلزم عمل أعمدة كثيرة العدد بل اذا كان العمل سريعا يصير عمل جزء من المساحة بطريقة التعديل ويكون الحساب أسهل اذا أخذت الاعمدة على أبعاد متساوية

١٦٦ د ثالثا طريقة اشباه المنحرف المتساوية الارتفاعات — ليكن المطلوب عمل مساحة الشكل ا م ى ط (شكل ١٤٦) فتقسم القاعدة ا ط الى أجزاء متساوية ثم من جميع نقط التقاسيم تقام أعمدة يرمز لها بحروف اَ و بَ و حوَ و ىَ و فَ و طَ ونرمز للبعد بين كل اثنين متجاورين منها بالرمز دَ فتكون المسائح الجزئية هى

شكل ١٤٦



شبه منحرف $= \frac{اَ + فَ}{٢} \times دَ$

ثم شبه منحرف $= \frac{ىَ + حوَ}{٢} \times دَ$

وأخيرا شبه منحرف $= \frac{\text{ف}' + \text{ط}'}{2} \times \text{ء}'$

وبجمع هذه المعادلات على بعضها والرمز بحرف س لمساحة الشكل الكلى يحدث

$\text{س} = \left(\frac{\text{أ}'}{2} + \text{ب}' + \text{ح}' + \text{ے}' + \text{ف}' + \frac{\text{ط}'}{2}\right) \times \text{ء}'$ ويمكن كتابته هكذا

$$\text{س} = \left(\frac{\text{أ}' + \text{ط}'}{2} + \text{ب}' + \text{ح}' + \text{ے}' + \text{ف}'\right) \times \text{ء}'$$

أعنى ان يؤخذ نصف مجموع الاحداثيان المتطرفان ويضاف اليه مجموع الاحداثيات المتوسطة ويضرب الناتج الكلى فى البعد بين احداثيين متواليين

وقد يكون الاحداثيان المتطرفان معدومين فيكون

$$\text{س} = \left(\text{ص}_2 + \text{ص}_3 + \text{ص}_4 + \text{ص}_5\right) \times \text{ء}'$$

بند ١٦٧ رابعا طريقة بونسليه — لتطبيق قانون بونسليه يلزم تقسيم أب الذى هو مسقط المنحنى الى أقسام متساوية عددها زوجيا كثمان أقسام مثلا (شكل ١٤٧) لكنه يكتفى باقامة العمودين المتطرفين ص_1 , ص_9 وأيضا ص_2 و ص_4 و ص_6 و ص_8 ويكون

$$\text{س} = \text{ء}\left[2\left(\text{ص}_2 + \text{ص}_4 + \text{ص}_6 + \text{ص}_8\right) + \frac{\text{ص}_1 + \text{ص}_9}{4} - \frac{\text{ص}_2 + \text{ص}_8}{4}\right]$$

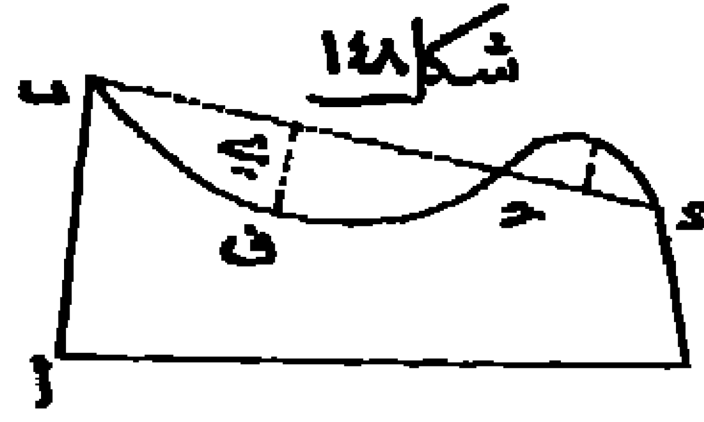
أعنى ان يضاف على ضعف مجموع الاحداثيات الزوجية ربع مجموع الاحداثيين المتطرفين ويطرح من الناتج ربع مجموع الاحداثيين التاليين للمتطرفين ويضرب الناتج فى البعد بين احداثيين متواليين وتطبيق هذه النظرية سهل عن اشباه المنحرف وتعطى نتائج أضبط منها مع انها لا تحتاج الا لقياس ورسم قليل من الاحداثيات



شكل ١٤٧

بند ١٦٨ خامسا طريقة الوتر والسهم — حينما يوجد بالمنحنى ب ف ح تماثل

بالنسبة للعمود ــ ف المقام من وسطه على الوتر فيمكن اعتباره كقطعة دائرة يتحصل على مساحتها بضرب ثلثي الوتر ب ح فى السهم ــ ف (شكل ١٤٨)



(تنبيه) ــ لايلزم اتباع الطرق النظرية لضبط النتائج حيث ينشأ من استعمالها أعمال كثيرة تتسبب عنها خطأ فى القياسات وفى الرسم لايمكن تجنبه وينشأ عنه خطأ كبير فى المساحة فيلزم اتباع البساطة

وبما أن المسائح فى الغالب تؤخذ من خريطة الرسم فيلزم ضبط الخريطة أولا بقياس جملة خطوط معلومة على الارض خلاف الاوضاع ويقارن بالخريطة

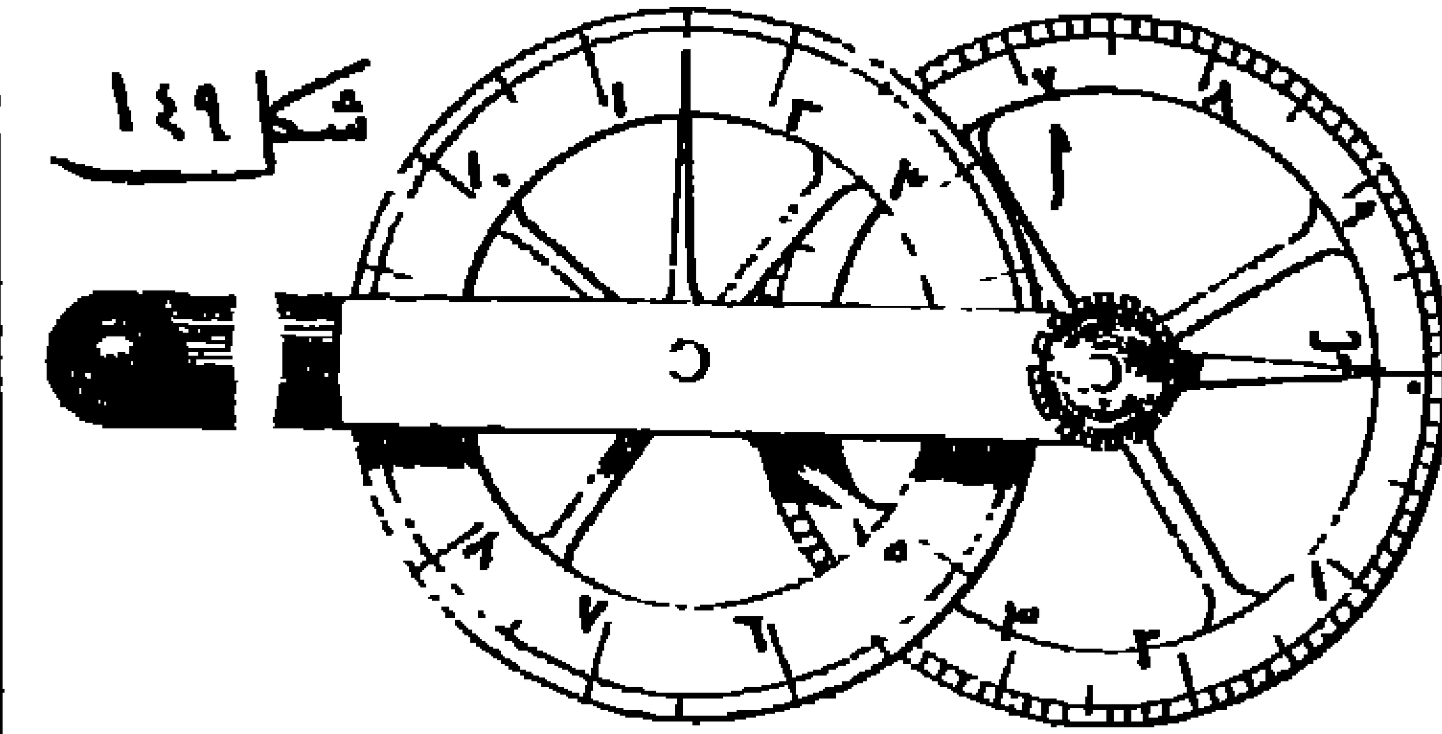
(الجارى باقلام المسائح)

بند ١٦٩ ــ أغلب أقلام رسم السكك الحديد والمساحات يعتبر قاعدة أساسية هى تقسيم الاشكال اللازم أخذ مساحتها الى أشباه منحرف ومثلثات قائمة الزوايا ويجرى العمل كما ذكرنا وتقاس الابعاد من الرسم بالدوبلديسيمتر

وبما أن قياس الابعاد من الرسم بالدوبلديسيمتر مطول جدا فتقاس بواسطة ملف دوبوى أو تعمل المساحات بواسطة البلانيمتر ولنشرح كلا منهما فنقول

(ملف دوبوى)

بند ١٧٠ ــ ملف دوبوى (شكل ١٤٩) يتركب من عجلة ا محيطها ١٠٠ ملليمتر وبها عقرب ب ثابت فى جلبة ومحور هذه العجلة يحمل طرسا مسننا تتعشق أسنانه بعجلة أخرى عدد أسنانها قدر عدد أسنان الطرس عشر مرات ومحيط



العجلة الثانية أى العدادة مقسم الى عشرة أجزاء متساوية وكل قسم من الاقسام المبينة بالعقرب ء يقابل دورة كاملة للعجلة الاولى أعنى ١٠٠ ملليمتر

والقياس خط مستقيم بهذا الملف تدار العجلات الى أن يصير صفر كل تقسيم تحت العقرب المقابل له ثم بعد وضع الآلة رأسيا وجعل صفر عجلة ا على احدى نهايتى المستقيم على الخريطة يسار عليه بالعجلة ا باتكائها خفيفا لتدور بدون انزلاق الى أن يصير العقرب على نهاية المستقيم بالضبط

فاذا فرض أن علامة العجلة د بينت ٤ والعجلة ا ٧٣ فان الطول الكلى للمستقيم المقطوع يكون ٤ر٠ + ٠٧٣ر٠ = ٤٧٣ر٠ متر

بر١٧١ د ـ لاستعمال هذه الآلة فى حساب المسطحات من الرسم ـ تؤخذ قطعة من قماش شفاف يرسم عليها عدة من الخطوط المتوازية المتساوية الابعاد ولتكن أبعادها مثلا ٠٠٥ر٠ متر ثم يوضع هذا الشفاف على السطح المراد حساب مسطحه بوضع زواياه على قدر الامكان على الخطوط المتوازية ان أمكن ثم بواسطة الملف يسار على كل خط من الخطوط المتوازية المحصورة فى المحيط المراد قياسه والعدد الذى يبينه الملف بالمليمترات يكون هو طول الخط الموازى الجارى عليه العمل ويقيد بدفتر معد لذلك ثم من الدفتر تقدر المساحة بتكوينها من أشباه منحرف معلوم قواعدها المتوازية بعد تحويلها الى المقياس وارتفاعها المشترك أيضا وهو بعد الخطوط المتوازية على الشفاف محولا لمقياس الخريطة

ملحوظة ـ من الدفتر يمكن عمل المساحة بسهولة بضرب نصف مجموع كل متوازيين فى البعد بينهما وقسمة الناتج على مربع ما يقابل المتر الواحد فى مقياس الخريطة

مثال ـ اذا فرض أن نصف مجموع المتوازيين هو ٤٧٣ر٠ متر وأن ابعاد المتوازيات هى ٠٠٥ر٠ متر وأن مقياس الخريطة هو $\frac{١}{١٠٠}$ فساحة هذا الشبه منحرف هى

٤٧٣ر٠ × $\frac{٠٠٥ر٠}{٠٠٠١ر٠}$ = ٤٧٣ر٠ × ٥٠ = ٢٣ر٦٥ متر مسطح

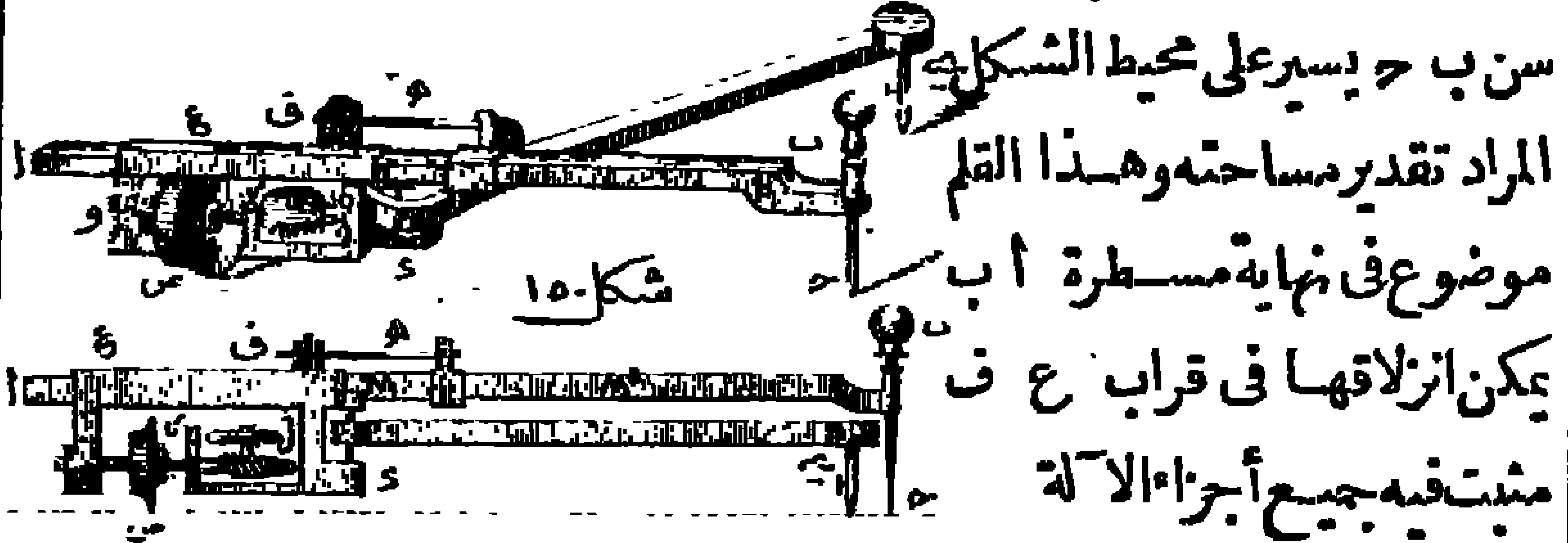
والعادة أن تؤخذ النسبة بين أبعاد الخطوط المتوازية ومربع ما يقابل المتر الواحد من الخريطة عددا ثابتا صحيحا أو كسر التسهيل عملية الضرب

وبالتجارب علم أن الفرق الحادث بين عمل المساحة بالملف وعملها بالمقاسات الحقيقية على الارض لا يتعدى ٢ الى ٣ فى المائة بالزيادة أو بالنقص ويمكننا أن نقول ان استعمال هذه الآلة فى حساب المساحة أضبط من حسابها بواسطة الابعاد الطبيعية

(البلانيمتر القطبي للمعلم امسلير)

بند ١٧٣ ـ من منذ عهد قريب شاع استعمال البلانيمتر في أقلام الجسور والقناطر بل وفي أعمال المساحات عموما به تقدر مساحات الاشكال التي محيطها معوج جدا بغاية السرعة والضبط الكافي

وهذه الآلة تتركب من قلم راسم وعجلة أصلية ثم عدادة (شكل ١٥٠) فالقلم الراسم هو س ن ب ح يسير على محيط الشكل المراد تقدير مساحته وهذا القلم موضوع في نهاية مسطرة أ ب يمكن انزلاقها في قراب ع ف مثبت فيه جميع أجزاء الآلة


شكل ١٥٠

ثم ان العجلة الاصلية ر ص المكونة من جزء اسطواني أو طنبور ومن شفة تدور حول محور أفقي ومتى غيرت الآلة محلها بسير قلمها الراسم على الخطوط فان العجلة تدور على الخريطة المرسوم عليها الشكل المراد تقدير مساحته

والعدادة ر مرتبطة ببرمة غير منتهية تحمل محور العجلة ر ص ثم ان العجلة ل فيها عشرة أقسام كل قسم منها يطابق دورة كاملة للعجلة ر ص والجزء الاسطواني لهذه العجلة الاخيرة مقسم الى مائة جزء متساوية ويوجد ورنية مرسومة على قطاع مركزه مركز العجلة

وبالاختصار تقرأ مباشرة الوحدات البسيطة وعشرة أمثالها على عجلة ر ص وأما الورنية فانها تقدر أعشار الوحدة وبالعدادة ل تتعين الاجزاء المائتية للوحدة

وبالجملة فالرافعة ى ے المتحركة حول المحور الرأسي لها سن ے يغرس في نقطة من الخريطة تدور الآلة حولها وأجزاء الآلة هي

أ ب مسطرة أصلية حاملة للقلم الراسم ح

ى ے رافعة مستعملة نصف قطر لدوران جسم الآلة متى كان السن ے مثبتا في الورق

ع ف قراب مربع يمكن انزلاق المسطرة فيه

هـ برمة ربط مثبتة جهة اليمين فى حامل مربع يخترق مسطرة أ ب

ك برمة ضغط لتثبيت المسطرة والحامل و ف برمة حركة بطيئة للمسطرة أ ب

س ص عجلة أصلية للآلة ومحورها ملفوف موصل للطرس الحامل لمحور العدادة

ل قرص العدادة وأقسامه تطابق بالتوالى الى خط ثابت مرسوم على الحامل الثابت

(استعمال البلانيمتر)

بند ١٧٣ ــ قبل استعمال هذه الآلة يلزم توضيبها بحيث ان صفر العجلة س ص يطابق صفر الورنية مع جعل العجلة ل من العدادة مبينة صفراً أيضا

ثم اذا أريد تقدير مساحة شكل يثبت السن ى فى نقطة معلومة من الخريطة بحيث يسهل مرور القلم الراسم على محيط الشكل ثم يوضع القلم الراسم فى احدى زوايا الشكل وتجعل العجلة س ص متكئة على الخريطة ثم يزلق القلم الراسم من الشمال الى اليمين على محيط الشكل باعطائه حركة مشابهة لسير العقارب على وجه الساعة بحيث يرسم محيط الشكل ويرجع لنقطته التى ابتدأ منها

والعدد الكلى للتقاسيم الذى يبين بالعدادة وبالعجلة س ص يكون هو المساحة بالمتر المربع متى كان مقياس الرسم هو $\frac{1}{100}$ واذا كان المقياس $\frac{1}{200}$ يضرب العدد الناتج فى ٤ لتنتج المساحة المطلوبة وهلم جرا

والاحسن عمل المساحة دفعتين أو أكثر بحيث لا يتعدى فرق المساحة عن المسموح به فمثلا اذا كان مقياس الخريطة $\frac{1}{200}$ وكان البلانيمتر مبينا فى أول دفعة العدد ١١٫٢٠ وفى الثانية ١١٫٤٠ تكون المساحة المبينة هى ٤٤٫٨٠ متر مسطح و ٤٥٫٦٠ متر مسطح وعليه تكون المساحة المطلوبة هى ٤٥٫٢٠ متر مسطح

(تنبيه) ــ ليس من الضرورى جعل الآلة فى مبدأ العمل على الصفر فمثلا اذا كانت مبينة ٢٣٤٫٧ فى الابتداء و ٢٤٦ فى نهاية العملية فالفرق وهو ١١٫٣ يعطى مساحة قدرها ٤٥٫٢٠ فى المقياس السابق

وقد عملت مساحة غيط وكانت ٤٤٫٨١ متر مسطح ثم رسم وعملت مساحته من

الرسم بهذه الآلة عشر مرات وكل دفعة تنتج المساحة ١٠ و ٤٥ متر مسطح أعنى كان الفرق ٢٩ و . متر مسطح فحينئذ التقريب المتوسط بهذه الآلة يكون هو $\frac{٢٩}{٤٤٨١} = \frac{١}{١٥٠}$ تقريبا

بند ١٧٤ ـ التدريج ـ المسطرة المربعة التى فى نهايتها القلم الرصاص تنزلق فى منشور محفور يحمل العجلات والرافعة ى وبهذا الوضع يسهل حساب المساحة بعدم معرفة مقياس الرسم

وبنسبة الجزء المعلم بالرمز M ٢ أو $\frac{١}{٢٠٠}$ فان العدد الذى تبينه العدادة يبين نصف مساحة القطاع المرسوم بمقياس $\frac{١}{٢٠٠}$ ومتى كان المحيط مكونا من خطوط مستقيمة فالسير عليه بسرعة توضع مسطرة يتكئ عليها القلم الراسم

تم الجزء الاول

ملحقات الجزء الاول

كيفية تخطيط منحنيات الاتصال للطرق والسكك الحديد

بند ١ ـ عند اتصال طريقين ببعضهما أو اف سكة حديد يلزم استعمال منحنيات مماسة لكل من الاتجاهين بحيث يكون انحناؤها موزعا بالتساوى على جميع نقط الاتصال وحينئذ يختار منحنى الدائرة عن غيره ولكن لاستحالة رسمه غالبا على الارض بواسطة مركزه خصوصا فى السكك الحديد فقد اخترنا طرقا عامة لرسمه نقطة فنقطة بعد معلومية نقطتى تماسه مع كل من الاتجاهين

تعيين النقط الاصلية للمنحنى بالحساب

بند ٢ ـ اذا فرض ان ا م و ا د هما اتجاها محورى السكتين اللازم اتصالهما بقوس من دائرة (شكل ١)

فأولا ـ الخطان ا ب و ا ح يسميان مماسين

ثانيا ـ الخط ا ء يسمى المنصف وهو منصف لزاوية ا

ثالثا ـ يسمى ء غ سهما وهو محصور بين منتصف القوس ومنتصف الوتر

رابعا ـ يسمى ح ب وترا وهو واصل بين نقطتى التماس

خامسا ـ ح و = نق هو نصف قطر المنحنى و يعلم مقداره فى الغالب

سادسا ـ زاوية ح ا ب تسمى زاوية التلاق وتقاس عادة باحدى الآلات لتكون معلومة دائما ورمزها م وزاوية ح و ب تسمى الزاوية المركزية وتساوى ١٨٠° ـ م

ويتبين من ما ذكر انه لاتصال اتجاهين بمنحنى يلزم ابتداء قياس زاوية التلاق م ثم يفرض لنصف القطر مقدار مناسب و يرسم المنحنى على الارض بعد تعيين المقادير السابقة كما سيأتى

أولا ـ تعين الزاوية المركزية ب و ح هكذا ب و ح = ١٨٠° ـ م .... [١]

ثانيا ـ المماس يستخرج من مثلث ا ب و القائم الزاوية ويكون

$$\text{اب} = \text{بو ظتا} \tfrac{1}{2}\text{م أو اب} = \text{نق ظتا} \tfrac{1}{2}\text{م} \quad \cdots\cdots \quad [٢]$$

ثالثا ـ المنصف يستخرج من مثلث ا ب و القائم الزاوية أيضا الذى منه

$$\text{ا و} = \frac{\text{نق}}{\text{جا} \tfrac{1}{2}\text{م}} \text{ او ا ء} = \frac{\text{نق}}{\text{جا} \tfrac{1}{2}\text{م}} - \text{نق} \quad \cdots\cdots \quad [٣]$$

رابعا ـ يتعين السهم ءع من مثلث ب ع و القائم الزاوية الذى منه

و ع = و ب جتا ب و ع وحيث ان ب و ع و $\tfrac{1}{2}$ م متممتان لبعضهما يحدث

$$\text{و ع} = \text{نق جا} \tfrac{1}{2}\text{م أو ء ع} = \text{نق} - \text{نق جا} \tfrac{1}{2}\text{م} \quad \cdots\cdots \quad [٤]$$

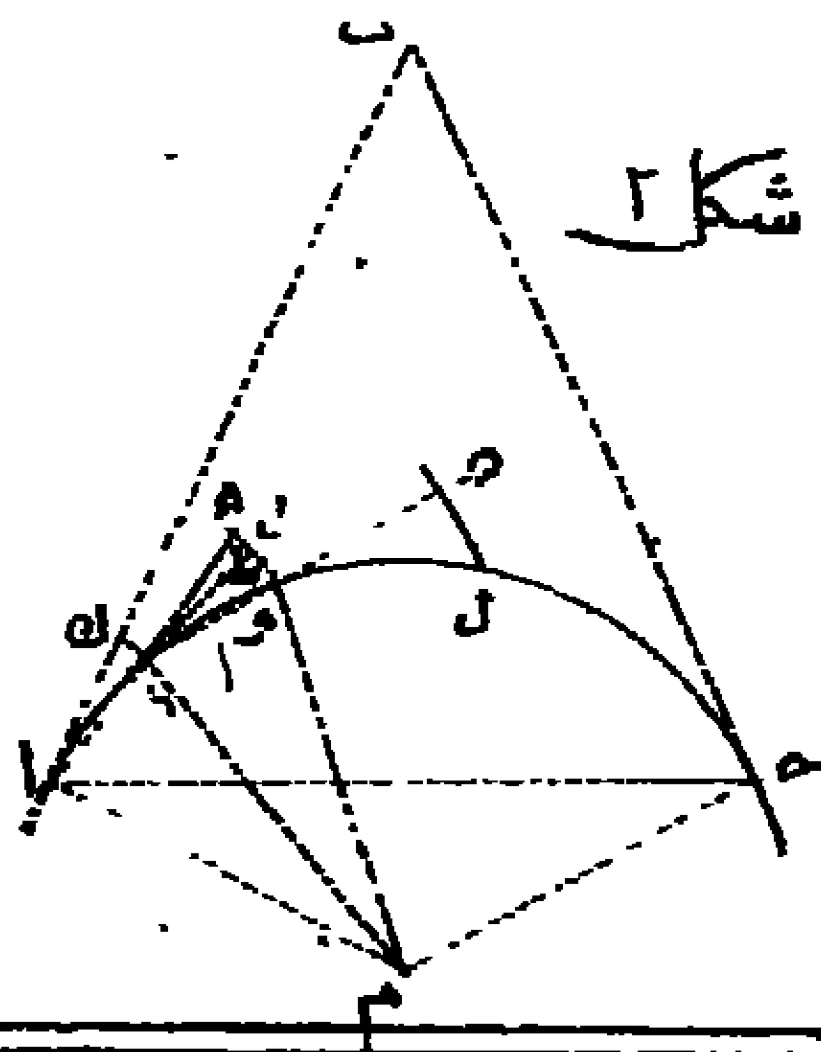
خامسا ـ لتعين الوتر يؤخذ من مثلث ب و ع ان

$$\text{ب ع} = \text{نق جا ب و ع أو ب ع} = \text{نق جتا} \tfrac{1}{2}\text{م أو ب ح} = ٢\text{نق جتا} \tfrac{1}{2}\text{م} \quad [٥]$$

سادسا ـ لتعيين طول القوس يلزم معرفة عدد درجه ثم ضرب عدد الدرج فى طول قوس درجة واحدة من الدائرة التى نصف قطرها وحدة ثم ضرب الناتج فى نصف القطر المستعمل

(طرق رسم قوس دائرة على الارض بعد معلومية ماسبق)

بند ٣ ـ الطريقة الاولى ـ اذا فرض ان اتجاهى محورى السكتين هما ب ح و ب ا (شكل ٢) فيؤخذ على أحد الاتجاهين بعد اختيارى بالابتداء من نقطة التماس مساو لطول جنزير مثلا كالبعد الـ وتجعل نقطة ا مركزا وبالبعد المذكور يرسم قوس لـء فهذا القوس يقطع المنحنى فى نقطة ء فيوصل اء ويمد على استقامته ويؤخذ عليه بعد ء هـ = ءا = الـ وتجعل نقطة ء مركزا وبنصف قطر هـء يرسم قوس هـ و يقطع المنحنى فى نقطة ونصل منها الى ء ويمد ءو ويؤخذ عليه و ف = وء = ءا = الـ وتجعل نقطة و مركزا وبنصف قطر ف و يرسم قوس ف ل يقطع المنحنى فى نقطة ل يجرى بها



العمل كسابقها الى أن ينتهى المنحنى وحينئذ لو علمت الابعاد ى ك و هو و ق ل الخ لامكن رسم قوس الدائرة على الارض وحيث انه بالتأمل يرى ان هو و ق ل الخ جميعها متساوية لانها أضلاع مثلثات متساوية الساقين متساوية وحينئذ فلا يلزم الا تعيين وهو و ىك

ولمعلومية وهو نصل وم و ىم و ام فيحدث مثلثا و ى م و ى م ا متساويين لتساوى أضلاعهما بالتناظر فتكون زاوية وىم = مىا وزاوية ومى = ىما

وبالتأمل للشكل يرى ان زاوية وى ا خارجة عن مثلث و هو ى فيكون وى ا = وهو ى + ى و هو وحيث ان مثلث وهو ى متساوى الساقين يحدث وى ا = ٢ ى و هو ولكن وى ا = ٢ و ى م فيكون ٢ و ى م = ٢ ى و هو أو و ى م = ى و هو

ومن تساوى هاتين الزاويتين ينتج ان الوتر هو يوازى نصف القطر مى وحينئذ فالعمود طى على الضلع هو يكون مماسا لمحيط الدائرة

وأيضا من تساوى زاويتى وىم و ىوهو تكون زاوية هىو = ومى

ومن مثلث وهى يحدث

$$\text{هو}^2 = \text{هى}^2 + \text{وى}^2 - 2\ \text{هى} \times \text{وى}\ \text{جتا هىو}$$

وبجعل هو = ع و هى = وى = ق و هىو = ومى = ى يحدث

$$\text{ع}^2 = 2\ \text{ق}^2 - 2\ \text{ق}^2\ \text{جتا ى} \quad \ldots\ldots [1]$$ ومن مثلث ومى يحدث

$$\text{ق}^2 = 2\ \text{نق}^2 - 2\ \text{نق}^2\ \text{جتا ى} \quad \ldots\ldots [2]$$

وباستخراج جتا ى من معادلة (٢) ووضعها فى معادلة [١] يحدث

$$\text{ع}^2 = 2\ \text{ق}^2 - 2\ \text{ق}^2\ \frac{2\ \text{نق}^2 - \text{ق}^2}{2\ \text{نق}^2}$$

وباجراء عملية الضرب وحذف المشترك وأخذ جذر الطرفين يحدث

$$ع = \frac{ق^2}{نق} \quad ...... \quad [م]$$

ولاستخراج بعد ذلك المساوى لو يؤخذ من مثلث طدو القائم الزاوية أن

$$\overline{طد}^2 = ق^2 - \left(\frac{ع}{2}\right)^2 \quad \text{ومنها}$$

$$طد = \sqrt{ق^2 - \frac{ع^2}{4}} \quad .... \quad (مَ)$$

وبمعلومية طد يطرح من د هـ فيعلم ل ط ثم من مثلث ل ط و القائم الزاوية يحدث

$$\overline{لو}^2 = \overline{لط}^2 + \overline{وط}^2 \quad \text{أو} \quad لو = \sqrt{\overline{لط}^2 + \overline{وط}^2}$$

وحيث ان وط هو نصف الوتر فيعلم لو المساوى ذلك ويسهل رسم المنحنى كما سبق

٤ـ د ـ الطريقة الثانية ـ طريقة رسم منحنى الدائرة بواسطة الاحداثيات الرأسية المقابلة لافقيات معلومة بفرض ان أصل الاحداثيات هى نقطة التماس والمماس هو المحور الافقى

لذلك يكفى معرفة الرأسيات المقابلة لافقيات معلومة ثم بواسطة مثلث المساح أو الجنزير يرسم المنحنى المذكور على الارض ولذلك نفرض ان اتجاهى السكتين هما أب و أح (شكل ٣) المتصلتين بقوس دائرة حههَ الخ المعلوم نصف قطرها ثم يؤخذ بالابتداء من نقطة التماس على المماس حا ابعاد مساوية للافقيات المعلومة مثل حر و ررَ و رَرً الخ ونقيم من هذه النقط أعمدة على المماس المذكور ونمدها الى أن تقابل المنحنى فى نقط هـ و هـَ و هـً الخ ثم نرسم من نقطة هـ خط هد يوازى محور الافقيات ونصل نصف القطر هو فمن مثلث هدو القائم الزاوية يحدث

$$\overline{ود}^2 = \overline{وه}^2 - \overline{هد}^2 \quad \text{أو} \quad ود = \sqrt{\overline{وه}^2 - \overline{هد}^2} \quad ... (١)$$

وبالرمز للاحداثى الافقى بحرف س وللرأسى بحرف ص ومعرفة ان

و ى = نق ــ هـ ں = نق ــ صـ يحدث صـ = نق ــ و ى

و بتعويض و ى بمقداره من معادلة (١) يحدث

صـ = نق ــ √(وهـ^٢ ــ هـ ى^٢) أو صـ = نق ــ √(نق^٢ ــ سـ^٢) (٣)

وهذا هو مقدار الاحداثى الرأسى صـ المقابل للافقى سـ المعلوم فاذا أعطى الى سـ مقادير اختيارية وحلت هذه المعادلة يحدث الى صـ المقادير المطابقة لها وبذلك حسبت جداول عديدة لتسهيل الاعمال على الارض

شكل ٣

(تنبيه) ــ يمكن رسم المنحنى بفرض ان نقطة أصل الاحداثيات هى منتصف وتر القوس الواصل بين نقطتى التماس وان هذا الوتر هو محور الافقيات وان امتداد السهم هو محور الرأسيات

ولمعلومية مقادير الاحداثيات الرأسية يرسم من نقطة ى مستقيم م مَ عموديا على نصف القطر ى و فيكون مماسا للدائرة فى نقطة ى وموازيا للوتر ب ح وحيث ان معادلة (٣) تعين الاحداثيات الرأسية المقابلة لافقيات معلومة بنسبة المماس فبها تعلم الرأسيات

ں هـ و ںَ هـَ و ںً هـً الخ

وبالتأمل للشكل يرى ان الاحداثيات الرأسية المطلوبة مساوية للسهم ى ع مطروحا منه المقادير المقابلة لها الناتجة من معادلة (٣) وبذلك يسهل رسم المنحنى

بند ــ الطريقة الثالثة ــ قبل شرح هذه الطريقة نذكر المسألة الآتية وهى المطلوب ايجاد مقادير الزوايا التى تصنعها أوتار الاقواس المعلومة الطول مع المماس فى مبدأ القوس بعد معلومية نصف قطر هذا القوس ونقطتى تماسه

مثلا اذا كان ا ب و ا ح مماسين لقوس دائرة ح هـ هـَ هـً الخ (شكل ٤)

وكان المطلوب ايجاد الزوايا هـ ح ا و هـَ ح ا و هـً ح ا الخ التى يصنعها المماس ا ح مع

الاوتار هـ ح ، هـَ ح ، هـً ح الخ (الموترة لاقواس ح هـ ، هـَ ح ، هـً ح الخ المعلومة الاطوال) يقال

ان معيار زاوية هـ ح ا نصف القوس هـ ح المعلوم طوله بالمتر فيستخرج ما يقابله من الدرج ويكون نصفه هو معيار زاوية هـ ح ا وقس على ذلك بقية الاقواس

ومقدار القوس يعلم من هذا القانون

شكل ٤

$$س = \frac{\text{طول القوس} \times ٣٦٠}{٢ \text{ ط نق}} \quad (١)$$

ملحوظات — أولا — اذا كانت الاقواس ح هـ ، هـ هـَ ، هـَ هـً الخ كلها متساوية الطول تكون زاوية هـ ح ا نصف زاوية هـَ ح ا وثلث زاوية هـً ح ا الخ

ثانيا — اذا أخذت نقطة هـً كيفما اتفقت من المنحنى ورسم منها خط م مَ مماس للمنحنى فتكون زاوية ع هـً م = مَ هـً ح وكل منهما يقاس بنصف درج قوس هـً هـَ هـ ح ويكون كل منهما مساويا للزاوية ا ح هـً وهذه الملحوظة مهمة لتتميم المنحنى عند الوصول لنقطة هـً بتغيير وضع الآلة كما سيأتى

بند — طريقة رسم قوس دائرة على الارض بواسطة الزوايا — نفرض ان ا ع ، ا ن هما محورا السكتين (شكل ٤) المكونان بينهما زاوية ا المعلومة فن بعد معلومية نصف قطر المنحنى يحسب مقدار المماسين ا ب و ا ح والمنصف ا ى وعليه فتتعين النقط ب ، ى ، ح الاصلية للمنحنى ثم توضع احدى الآلات المعدة لقياس الزوايا فى نقطة ح ويثبت صفر ورنيتها على صفر الدائرة الافقية ثم توجه النظارة على اتجاه ا ح وتثبت الدائرة الافقية على هذا الوضع ثم تحرك النظارة الى أن ينطبق صفر ورنيتها على الزاوية المقابلة لقوس قدره طول الجنزير المستعمل ثم ان القياس الخلفى يثبت طرف الجنزير على نقطة التماس والقياس الامامى يحرك شاد الجنزير الى ان يأتى فى اتجاه محور النظارة

فيثبت مسماراً على هذا المحور باشارة المهندس ويستمر العمل على هذا المنوال الى أن يتوصل الى نقطة التماس الاخرى

واذا لم تساعده الارض على اتمام المنحنى فيرسم كلاً من نصفيه بالمثابة المتقدمة من كل من نقطتي ح و ب وان لم يتم فيقف المهندس فى نقطة ى التى هى نهاية المنصف ويقيم منها عموداً على أ ى مثل ص ص َ فيكون مماساً للدائرة ويجرى على كل من جهتيه ما جرى آنفاً اما ان كان المنحنى طويلاً جداً فبالوقوف فى نقطة ح يرسم منه جزء كما سبق لغاية نقطة هـ" مثلاً ثم تنقل الآلة فى نقطة هـ" ويرسم منها خط م هـ" يصنع مع هـ" ح زاوية مساوية للزاوية التى قرأت أخيراً على الآلة وهى هـ" ح ا فبموجب الملحوظة الثانية من (بـ ٥ ـ د) يكون و هـ" مماساً للمنحنى فيثبت عليه شاخص ليعتبر أساساً فى تميم المنحنى

(طريقة جمع اتجاهين بجزء من قطع مكافئ وكيفية رسمه على الارض)

بـ ٧ ـ د ـ معلوم ان معادلة القطع المكافئ (بفرض أصل الاحداثيات فى رأس المنحنى ومحور الافقيات هو محوره الاصلى) هى $ص^2 = م س$ أو $ص = \sqrt{م س}$ بمعنى انه لو فرضت نقطة مثل م على هذا المنحنى (شكل ٥) يكون $ا ل = س$ و $م ل = ص$ وفى هذه المعادلة م رمز للكمية الثابتة للقطع المكافئ

ولايجاد معادلة هذا المنحنى بفرض ان محور الافقيات هو المماس فى رأسه يكفى تغيير الرمز س بالرمز ص وبالعكس فيحدث $س^2 = م ص$ ومنها $ص = \frac{س^2}{م}$ (١)

وبواسطة معادلة (١) يمكن حساب الاحداثيات الرأسية المقابلة لافقيات معلومة لاى قطع مكافئ متى علمت كميته الثابتة

ثم انه متى علمت الاحداثيات الرأسية المقابلة لافقيات معلومة يسهل رسم المنحنى ولذلك يرسم المحور الاصلى للمنحنى ويقام من رأس المنحنى عمود عليه فيكون هو محور الافقيات فتحسب عليه الافقيات ومن نقطها يقام عليه أعمدة يؤخذ عليها مقادير الرأسيات المقابلة للافقيات التى أخذت ثم تجمع نهاياتها بمنحنى يكون هو القطع المكافئ المطلوب

شكل ٥

ولنوضح

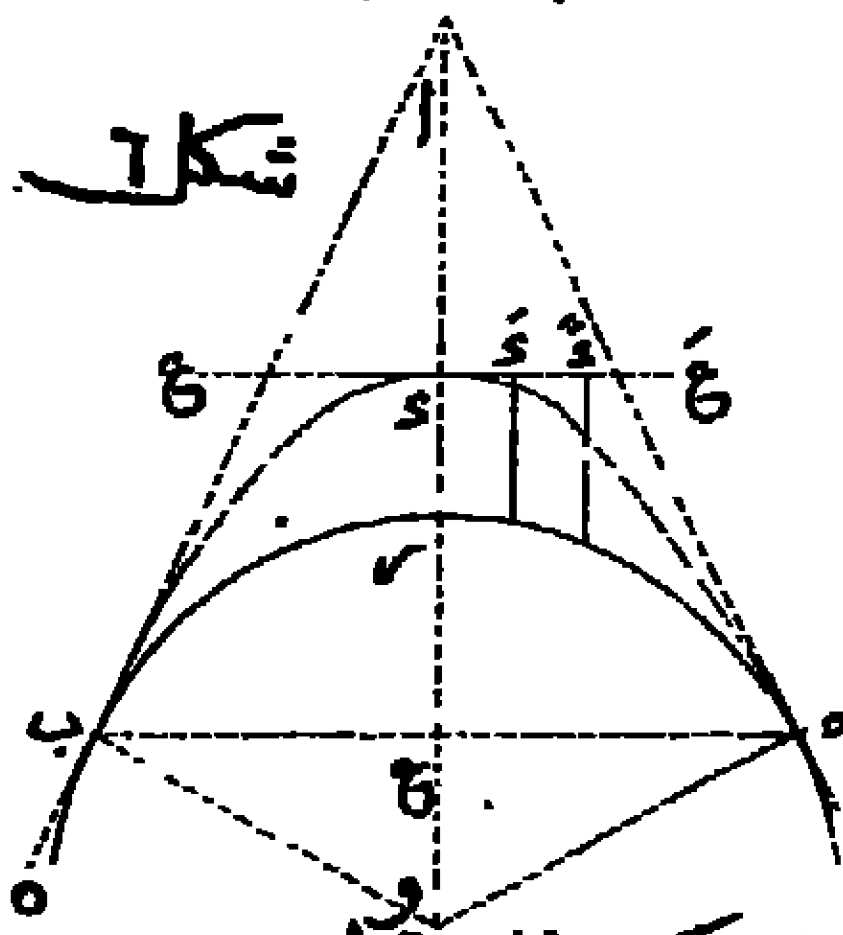
ولنوضح الطرق اللازمة لرسم قوس من قطع مكافى على الارض بالمسألتين الآتيتين

بند ٨ ـ المسألة الاولى ـ اذا فرض أن مستقيمين مثل ا م و ا د مكونين بينهما زاوية

م ا د = ٠٠ َ ٤٠ ١٣٠° مجموعين بقوس من دائرة نصف قطرها ب و = ٤٥٠ مترا يراد

تعويضه بقوس من قطع مكافى ويطلب تعيين بعده الثابت ثم معلومية رأس المنحنى لمد

مماس له ثم رسمه (شكل ٦)



يوصل ب حـ بين نقطتي التماس ثم او فنصف القطر و حـ يكون عموديا و ع و تحت العمود و ا ع تحت المماس للقطع المكافى وحيث ان زاوية ب ا حـ = ٠٠ َ ٤٠ ١٣٠° فتكون زاوية

حـ ا و = ٠٠ َ ٢٠ ٦٥° = ب حـ و لتعامد أضلاعهما وتكون زاوية ا و حـ = ٩٠ ـ

ب حـ و = ٠٠ َ ٤٠ ٢٤° = ب حـ ا ومن مثلثي ا حـ و و حـ ع و المتشابهين يحدث

$$ع و = \frac{\overline{حـ و}^{2}}{ا و}$$

وحيث ان ع و تحت العمود فيكون مساويا نصف الكمية الثابتة أعني

$$\frac{1}{2} م = \frac{\overline{حـ و}^{2}}{ا و} \qquad (1)$$

ولننبه على ان القاطع ا و = ا ر + ر و وحيث ان ر و و حـ و معلومان من رأس المسألة و ا ر هو المنصف للدائرة فيمكن حسابه كما سبق وعليه فيعلم كل من ا و و $\frac{1}{2}$ م وباجراء العمل يرى أن ا ر = ٤٥٫١٩ وأن $\frac{1}{2}$ م = ٤٠٨٫٩٣ أعني م = ٨١٧٫٨٦ مترا وحينئذ لم يبق سوى تعيين البعد ا ى (بعد رأس الزاوية عن رأس المنحنى) ويسهل تعيينه بمعلومية ان تحت المماس ضعف الاحداثي الافقي لنقطة التماس أعني

$$ا ى = ى ع = \frac{1}{2} ا ع = \frac{1}{2} (ا و - ع و) = \frac{1}{2} (ا و - \frac{م}{2}) = ٤٣٫١٣ \text{ متر}$$

وعليه فيرسم المنحنى على الارض بموجب ما سبق ولذلك يقام من نقطة ى

عمود ع عَ على أ ء فيكون هو محور الافقيات ونقطة ء هى أصل الاحداثيات فيؤخذ على ع عَ فى كل من جهتيه أبعاد ع ء و ء ءَ و ءَ ءً الخ مساوية الى مقادير س الاختيارية ثم تقام من النقط ء و ءَ و ءً الخ أعمدة يؤخذ عليها الابعاد ء ل و ءَ لَ و ءً لً مساوية على التناظر الى مقادير ص التى تستخرج من معادلة ص = $\frac{س^2}{م}$ فيحصل نصف المنحنى ويكرر العمل من الجهة الاخرى للحصول على النصف الآخر

ب ٩ د — المسئلة الثانية — المعلوم جزآن غير متساويى الطول يقصد جمعهما بقوس من قطع مكافى ويطلب معرفة بعده الثابت ووضع المحور الاصلى ورأس المنحنى المدمماس له ورسمه كما سبق

فحل هذه المسألة يتذكار بعض خواص القطع المكافى وهى

اذا وصل من نقطة تلاقى المماسين (متساويين أو غير متساويين) الى نقطة منتصف الوتر الواصل بين نقطتى التماس

فأولا — المستقيم المتحصل يكون قطرا أعنى موازيا للمحور الاصلى

ثانيا — أن نقطة منتصف هذا المستقيم تكون من نقط المنحنى

ثالثا — ان الخط المرسوم من هذه النقطة مواز يا للوتر يكون مماسا للمنحنى فى النقطة المذكورة

فلنفرض د و ب نقطتا الاتصال و س تقاطع المماسين (شكل ٧) فاذا وصل د ب ثم ع س (نقطة ع هى منتصف ب د) كانت نقطة م التى هى منتصفه من نقط القطع المكافى ولو مد منها ء دَ موازيا الى د ب لكان مماسا جديدا وباشتراك جزأيه ء م و م دَ مع المماسين الاصليين يتوصل لايجاد نقط أخرى من المنحنى بقدر ما يراد

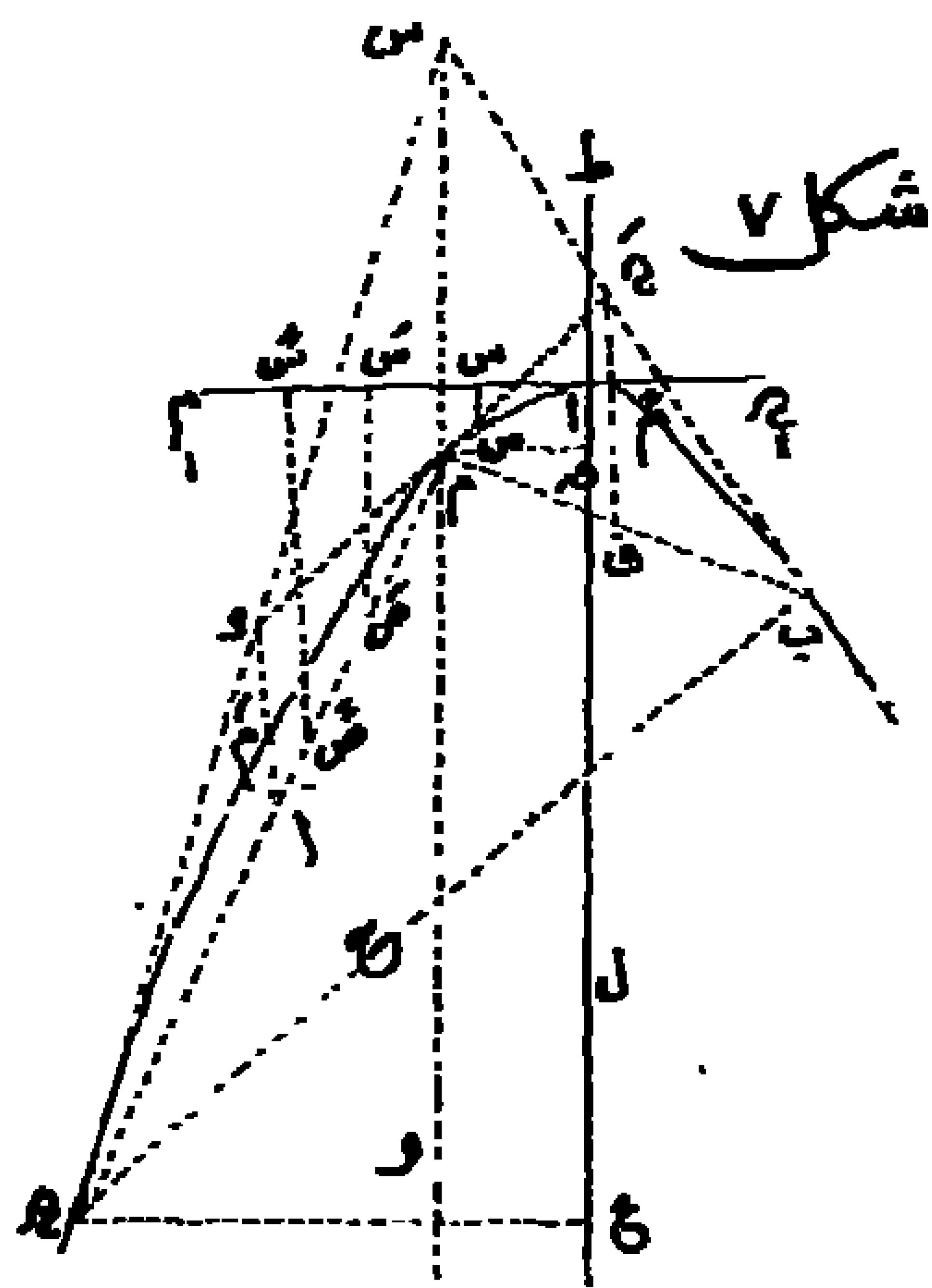
ولذلك يكفى وصل الاوتار د م و م ب ثم يوصل لمنتصفها المستقيمات ء أ و دَ ف فتكون نقط مَ و مً التى هى أواسط الخطوط الاخيرة نقطا من المنحنى وقس على ذلك

ولكن هذه الطريقة بها صعوبات عند اجرائها على الارض سيما وان بواسطتها يندر الحصول على تقاطع جيد للمستقيمات التى ربما تتقاطع على زوايا حادة

ولنتصد الآن لذكر الطريقة السهلة فنقول

لنفرض أن النقطة م معينة بالطريقة السابقة فينتج من هذا الرسم أن م و محور وأن م

هى نقطة أصل والاحداثيات الرأسية لهذا القطر تحسب على خط ح ب الموازى للمماس فى نقطة م والافقيات المقابلة لهذه الرأسيات تحسب على خط م ح والزاوية التى يصنعها هذا القطر مع محور الرأسيات س ح ب = أ



وحيث ان م و قطر فمحور المنحنى هو ط ل الموازى الى م و ويكون وضع ط ل معينا اذا علم البعدان م ن وأ ن للحصول على الرأس أ والكمية الثابتة ك للمحور وحينئذ اذا رمزنا للكمية الثابتة بالنسبة للقطر م و بحرف ك تكون معادلة القطع المكافى هى

$\text{ص}^2 = \frac{\text{ح}}{\text{جا}^2\text{أ}}\,\text{س}$ وحيث ان $\frac{\text{ح}}{\text{جا}^2\text{أ}}$ هو البعد الثابت المرموز له بحرف ك وكان ص هو ح ب وس هو م ح يكون

$\overline{\text{ح ب}}^2 = \text{ك} \times \text{م ح}$ ومنها $\text{ك} = \frac{\overline{\text{ح ب}}^2}{\text{م ح}}$ وحينئذ فيعلم ك بسهولة ثم تعلم الثلاثة أطوال ح وأ ن وم ن من الارتباطات الآتية وهى

$$\text{ح} = \text{ك جا}^2\text{أ} \quad ,$$

$$\text{أ ن} = \tfrac{1}{4}\,\text{ك جتا}^2\text{أ} \quad ,$$

$$\text{م ن} = \tfrac{1}{4}\,\text{ك جا } ٢\text{أ}$$

وهذه الارتباطات الثلاثة مثبتة فى تطبيق الجبر على الهندسة

وبمعلومية الاطوال س د وس ب والزاوية د س ب فمثلث س د ب يمكن حله ومنه

يعلم م ح و ح ب وحيث كانت زاوية س ح ب = ا فيعلم ك ثم من الارتباطات الثلاثة السابقة تعلم الكمية الثابتة ح والبعدان ان و م ن

وللرسم على الارض يكفى أن يرسم من الرأس س زاوية ب س ح تساوى الزاوية المستخرجة من الحساب ثم يؤخذ على اتجاه س و بعد س ر = س م ـ ان ومن نقطة ر يقام العمود م ب الذى يكون مماسا للمنحنى والرأس ا يتعين بأخذ ر ا = م ن ثم يؤخذ على ا ب الاحداثيات الافقية أى ا س و ا س َ و ا س ً الخ ومن نقط س و س َ و س ً الخ تقام الاعمدة س ص و س َ ص َ و س ً ص ً الخ ويؤخذ عليها مقادير الاحداثيات الرأسية (التى توجد بوضع عوضا عن س مقدارها فى معادلة ص = $\frac{س^2}{م}$) وتجمع النقط المتحصلة فيتحصل القطع المكافى المطلوب وتكرر العملية من الرأس ا جهة م وهذه الطريقة نفيسة مضبوطة

تطبيق رقمى ـ لكن ى س = ٤٧٥,٢٥ متر و ب س = ٣٠٧,٠ متر

و ى س ب = ٧٥° ٥٢َ

فيحل مثلث ى س ب يحدث ب = ٦٧° ٢٩َ ٤٠ً و ى = ٣٦° ٣٨َ ٢٠ً

و ى ب = ٤٩٨,٨٥٦ متر

ويتحصل من مثلث س ب ح أن ا = ٦٥° ٣َ ٢٠ً و ب س ح = ٤٧° ٢٧َ

و س ح = ٣١٢,٧٩٨ متر ومنها يكون $\frac{س ح}{٢}$ = م ح = ١٥٦,٣٩٩ متر

وحينئذ فيؤخذ من الارتباطات المتقدمة أن

ك = $\frac{ح ب^2}{ح م}$ = $\frac{(٢٤٩,٤٢٨)^2}{١٥٦,٣٩٩}$ = ٣٩٧,٧٩٢ متر و

ح = ك جا^{2}ا = ٣٩٧,٧٩٢ جا^2 ٦٥° ٠٣َ ٢٠ً = ٣٢٧,٠٤ متر و

ان = $\frac{١}{٤}$ ك جتا^{2}ا = ٩٩,٤٤٨ جتا^2 ٦٥° ٠٣َ ٢٠ً = ١٧,٦٨٨ متر و

م ن = $\frac{١}{٤}$ ك جا ٢ا = ٩٩,٤٤٨ جا ١٣٠° ٠٦َ ٤٠ً = ٣٦,٠٥٨ متر

وقس على ذلك

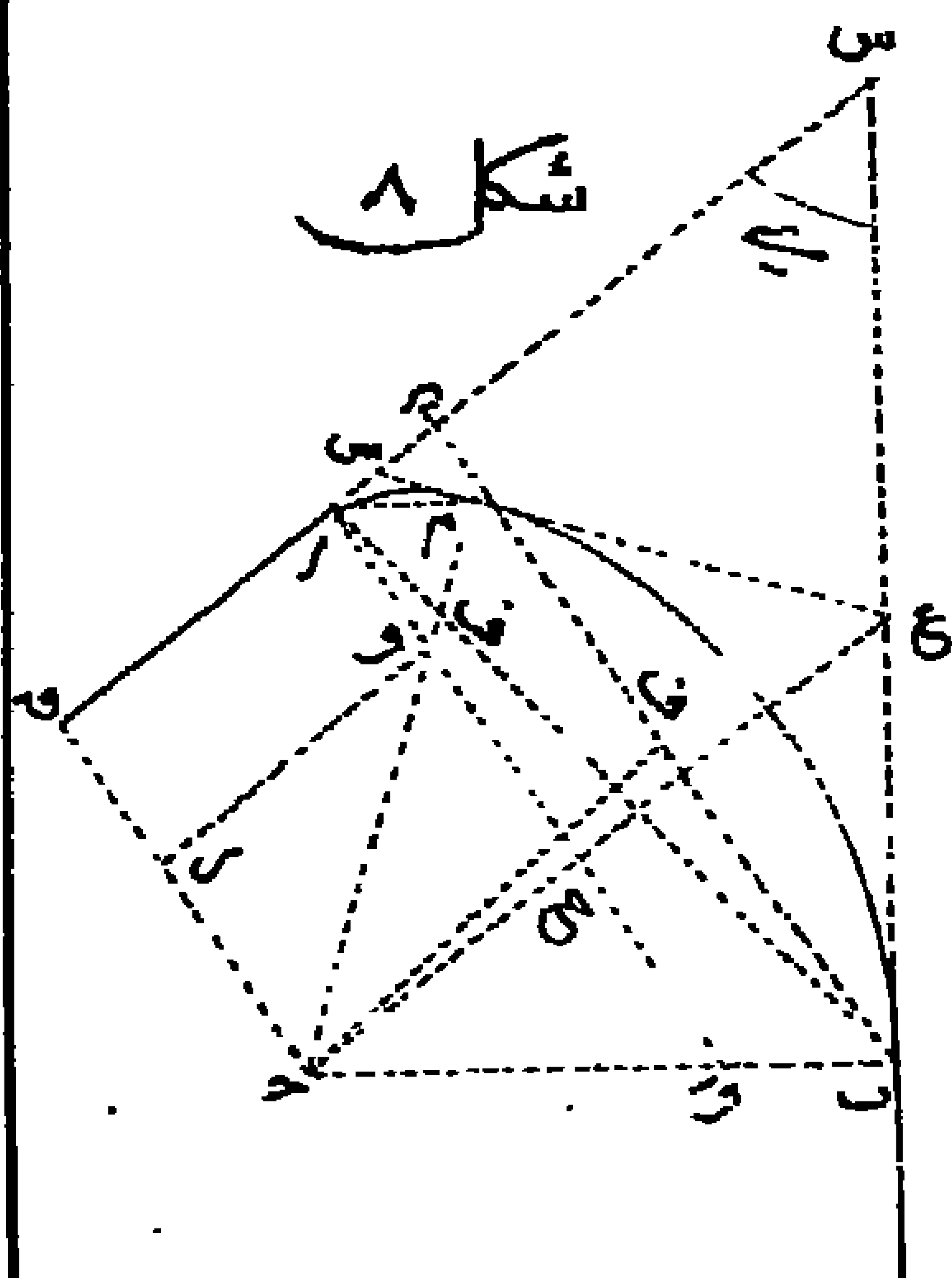
(تنبيه)

(تنبيه) — يتعين طول قوس من قطع مكافى بهذا القانون

$$\text{طول قوس} = \frac{\text{ص}}{\text{ح}}\sqrt{\text{ص}^{2}+\tfrac{1}{4}\text{ح}^{2}} + \tfrac{1}{4}\text{ح}\ \overline{\text{لو}}\left[\frac{\text{ص}+\sqrt{\text{ص}^{2}+\tfrac{1}{4}\text{ح}^{2}}}{\tfrac{1}{2}\text{ح}}\right]$$

الذى فيه ح البعد الثابت وص الاحداثى الرأسى العمودى على المحور مثل ة ع (شكل ٧) و لوَ رمز للوغاريتم النيبيريانى اللازم تحويله للوغاريتم جدولى بضربه فى أساس نيبيروهو ٢و٣٠٢٥٨٥٠٩

(اتصال طريقين بقوسى دائرتين مماسين للطريقين ومتماسين معا)



بند — ليكن س ا و س ب (شكل ٨) هما اتجاهان متقاطعان يراد اتصالهما بقوسين متماسين وان ا و ب هما نقطتا التماس المعلوم بعدهما عن نقطة س فمن المعلوم انه لو أقيم من نقطة ا العمود أو على اتجاه ا س لكان مركز القوس الاول يوجد عليه ثم لو أقيم من نقطة ب العمود ب وَ على ب س لكان مركز القوس الثانى يوجد عليه فلو أخذ للقوس الاول نصف قطر اختيارى مثل ا و ثم أخذ بعد ب وَ = ا و ووصل و وَ ونصف بنقطة ع وأقيم منها عمود على و وَ مثل ع حـ ومد على استقامته الى أن يقابل ب وَ فى حـ لكانت هى مركز القوس الثانى ولو رسم القوسان ورسم لهما مماس مشترك فانه يقابل ب س فى نقطة ع على امتداد حـ ع

والبحث عن قانون يعلم منه أحد نصفى القطرين متى علم الثانى وطولا المماسين وزاوية الرأس * ولذلك نفرض مَ و م طولى المماسين ا س و ب س وان ى زاوية الرأس

المعـلومة وأن ب ح = نق و أو = نقَ فلو اسقطنا نقطتى ح و ب على س ا فى ى و د ونقطة و على ح ى فى ر ونقطة ح على ب د فى ف ولاحظنا أن زاوية د ب ح = ى لتعامد أضلاعهما فمن مثلث و ح ر القائم الزاوية يحدث

$$\overline{و ح}^{٢} = \overline{و ر}^{٢} + \overline{ح ر}^{٢} = \overline{ا ى}^{٢} + \overline{ح ى}^{٢} \qquad [م]$$

وبما أن و ح = وَح = ب ح - ب وَ = ب ح - ا و = نق - نقَ و

ا ى = س د + د ى - س ا = س د + ح ف - س ا = م جتا ى + نق حا ى - مَ

و ح ر = ح ى - ى ر = د ف - و ا = ب د - ب ف - و ا = م حا ى - نق جتا ى - نقَ

فبوضع عوضا عن و ح و ا ى و ح ر مقاديرها فى معادلة [م] وتحليلها واختصارها

وأخذ عوضا عن $م^{٢} + مَ^{٢} - ٢$ م مَ جتا ى المساوى له وهو $\overline{ا ب}^{٢}$ يحدث

$$٢ \,(مَ\ نق + م\ نقَ)\ حا ى - ٢\ نق\ نقَ\ (١ + جتا ى) = \overline{ا ب}^{٢} \quad \ldots\ldots \quad [١]$$

وهـذا هو الارتباط الواقع بين نصـفى القطرين والثلاثة معـاليم م و مَ و ى ومنه يعلم أحـد نصفى القطرين بعد معلومية الثانى وليلاحظ انه اذا أعطى مقدارا اختياريا لاحد نصـفى القطرين موافق للسـكك الحـديد أو الطرق فانه ينتج للثـانى مقـدار يتفق عدم موافقته وبذلك نجـبر على انتخاب آخر وهـذه الانتخـابات تحتاج لطول زمن وحينئذ من الضرورى وضع ارتباطات لكل من نصفى القطرين بدون تعلق أحدهما بالآخر ولذلك يؤخذ مقـادير نقَ = او و نق = ب هـ بهذين القانونين

$$نقَ = \frac{ح\,[\,٢\,ح - (م - مَ)\,]}{م\ حا ى} \quad و\ نق = \frac{ح\,[\,٢\,ح + (م - مَ)\,]}{مَ\ حا ى}$$

وفيهما ح رمز لنصف الوتر ا ب و م و مَ طول المماسـين و ى زاوية التلاق ملحوظة ــ حيث انه يحتاج غالبا لمعلومية طول الاتصال فيقتضى معـرفة مقـدار كل من الزاويتين المركزيتين ف و فَ المقابلتين للقوسين اللذين نصفا قطريهما نق و نقَ

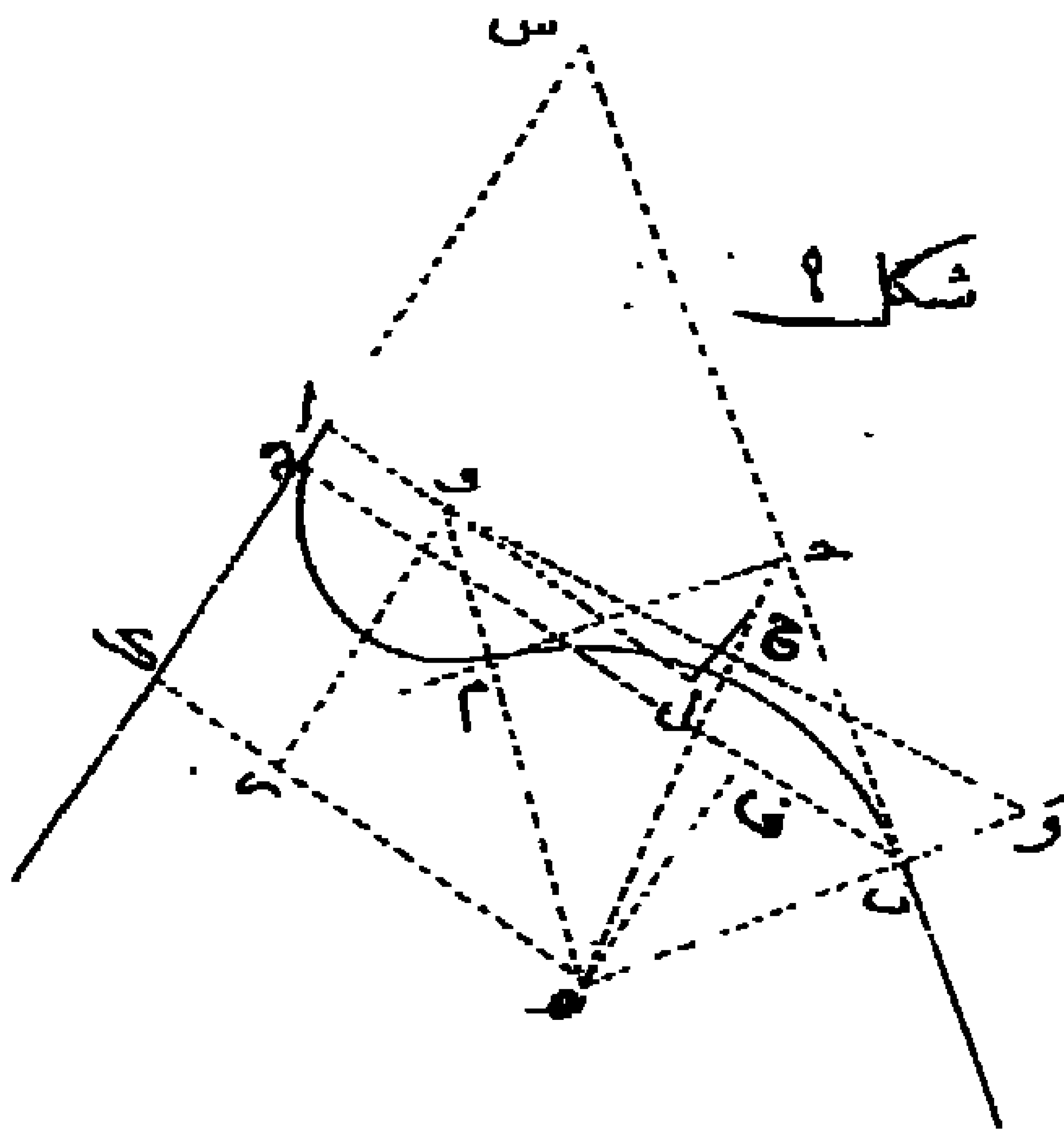
على الناظر ولذلك نلاحظ ان زاويتي م و ا و وحر متساويتان ومساويتان الى ف
ومن مثلث وحر القائم الزاوية يحدث

$$\text{جا ف} = \frac{\text{ور}}{\text{وح}} = \frac{\text{ان}}{\text{وح}} = \frac{\text{م جتا ى + نق جا ى − م}'}{\text{نق − نق}'}$$

$$\text{وزاوية ف}' = 180^\circ - (\text{ى} + \text{ف})$$

ومتى علمت مقادير هاتين الزاويتين يعلم انفراد كل من المنحنيين بسهولة
وبما انه فى الاعمال يقتضى معرفة نقطة اتصال القوسين فيسهل تعيينها بعد معلومية كل من نصفى القطرين والزاوية المركزية المقابلة لكل منهما وعليه فيتعين طول مماس كل منهما بموجب ما سبق ثم بأخذ من نقطة ب على اتجاه ب س بعد ب ع يساوى طول مماس القوس الذى نصف قطره نق وبالابتداء من نقطة ا على المماس ا س بعد ا ص يساوى مماس نق' تكون نقطتا ع وص من المماس المشترك وبأخذ عليه ص م = ا ص ثم ع م = ع ب تكون نقطة م هى نقطة التماس المشتركة وبمعلوميتها واتجاه المماس ع ص يسهل رسم كل من المنحنيين كما سلف

بند ١١ ـ فى الاتصالات المتعاكسة ـ لاتصال اتجاهين بقوسين متعاكسين نفرض ان نقطتى التماس هما ا وب (شكل ٩)



ثم نقيم عمودى ا و وب ه على الاتجاهين ا س وب س من نقطتى التماس ونأخذ أحد نصفى القطرين بالاختيار او ثم نأخذ على امتداد هب بعد ب و' = او ثم نصل و و' ونقيم عليه من منتصفه ع عمود ع ح فيقابل و'ب فى نقطة ه تكون هى مركز

القوس الثانى وحينئذ توجد المعادلة الرابطة لنصفى القطرين باسقاط نقطتى هـ و ب على اس فى نقطتى ك و د وكذلك نقطة و على هـ ك فى ن ثم نقطة هـ على ب د فى ف فمن مثلث و هـ ن القائم الزاوية يحدث

وهـ^{2} = ون^{2} + هـن^{2} = أك^{2} + هـن^{2}

أو بالتعويض والرمز الى كل من ا س و ب س بالرمزين م و مَ ولزاوية التلاق بحرف ى يحدث

(نق + نقَ)^{2} = (م جتا ى + نق جا ى − مَ)^{2} + (م جا ى − نق جتا ى − نقَ)^{2}

وبالتحليل والاختصار يحدث

٢(مَ نق + م نقَ) جا ى + ٢ نق نقَ (١ − جتا ى) = م^{2} + مَ^{2} − ٢ م مَ جتا ى . . [٢]

وهذا هو الارتباط الواقع بين نصفى القطرين والماسين وزاوية التلاق

ولايجاد طولى هذين المنحنيين يكفى معرفة مقادير الزوايا هـ و ا و وهـب فأما زاوية هـ و ا فانها مكملة لزاوية و هـ ن . و يكون

جا هـ و ا = جا و هـ ن = ون / وهـ = ك ا / و هـ = (م جتا ى + نق جا ى − مَ) / (نق + نقَ)

وأيضا تتعين زاوية ب هـ و المساوية الى س ح م بمستقيم ح ل يوازى ا س فيكون م ح ل = م و ل ويكون س ح ل + ا س ب = هـ و ا + م و ل فبطرح من كل من الطرفين م و ل يحدث

م ح س + ا س ب = هـ و ا أو م ح س = هـ و ا − ا س ب = ب هـ و

ومتى علم كل من هاتين الزاويتين نعلم أطوال الاقواس ويعلم أيضا الوتر ب م والزاويتان ح ب م و ب م ح وبحل مثلث ح ب م ينتج بعدا ح ب و ح م وزاوية ب ح م وعليه فيمكن معلومية نقط التماس على الارض وتحديد المماس المشترك .

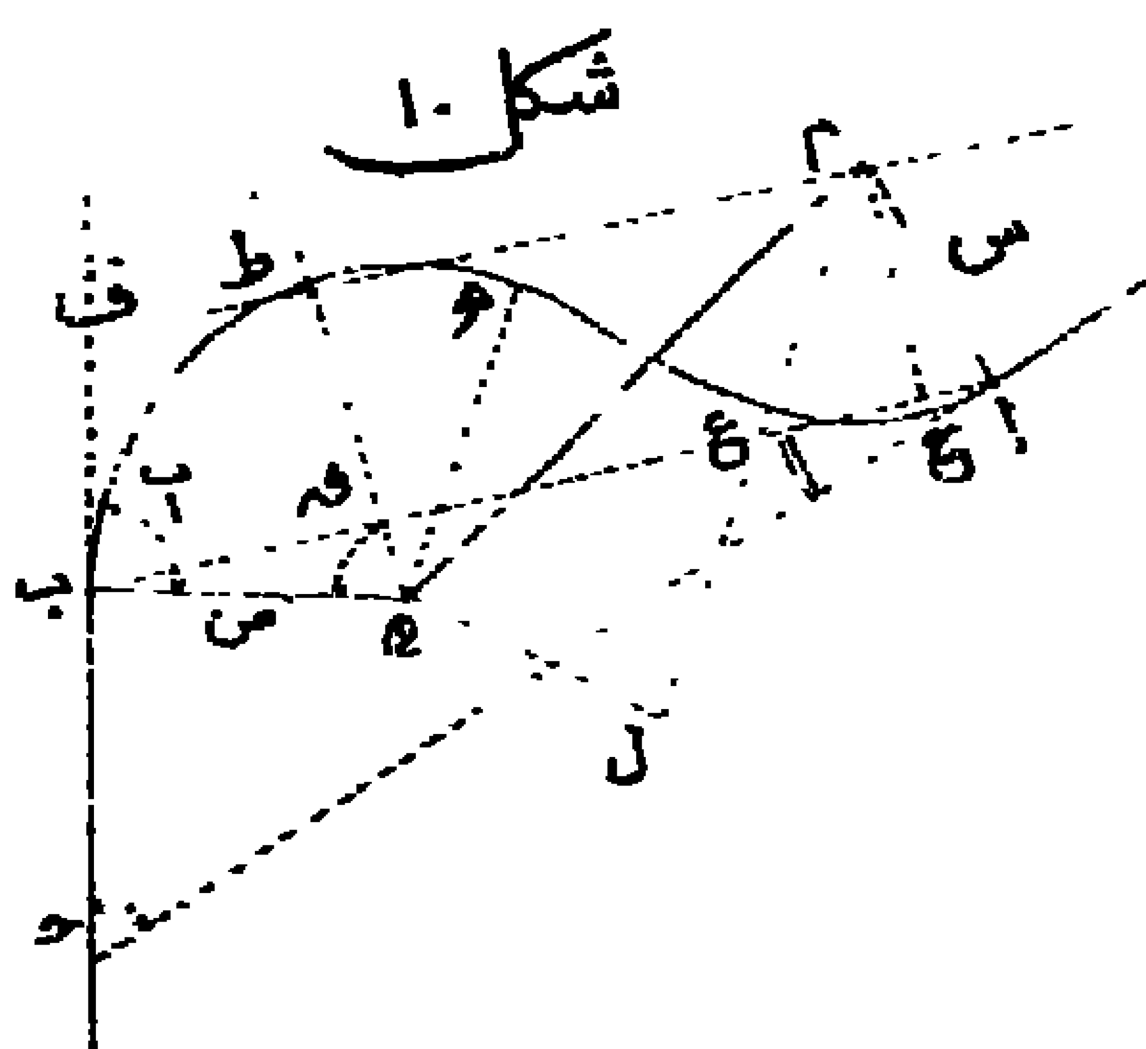
فاذا كان نصفا القطرين متساويين فعادلة [٢] تؤول الى

٢(مَ نق + م نق) جا ى + ٢ نق^{2} (١ − جتا ى) = م^{2} + مَ^{2} − ٢ م مَ جتا ى

وهذه هي معادلة بدرجة ثانية فبترتيبها وأخذ نق مضروبا مشتركا في الحد الاول وقسمة كل من حدودها على مكرر المجهول بدرجة ثانية وهو نق يحدث

$$\text{نق} = \frac{-(م+مَ)\,\text{جا}\,ى + \sqrt{(م+مَ)^{2}\text{جا}^{2}ى + ٢(١-\text{جتا}\,ى)(م^{2}+مَ^{2}-٢مmَ\,\text{جتا}\,ى)}}{٢(١-\text{جتا}\,ى)}$$

ومنها يعلم نصف القطر بعد معلومية المماسين وزاوية التلاق ثم بعد معلومية المماس المشترك كما سبق يسهل رسم المنحنيين على الارض باحدى الطرق السابقة



س ١٢ د - جمع اتجاهين مستقيمين غير متساويي الطول بقوسين من دائرتين منعكستين حاصرتين بينهما مماسا مشتركا طوله معلوم - لذلك يسقط مد على الوتر اب ثم يمد دل موازيا الى ع هـ (شكل ١٠) وينزل م ل عمودا على دل فتكون زاوية ب د ن = اب ف = بَ = ١٨٠° - ب ، ا م ع = ا

ومن المثلث القائم الزاوية م ل د يحدث

$\overline{مد}^{2} = \overline{مل}^{2} + \overline{دل}^{2}$ وبالرمز لنصف القطر د هـ بحرف ص وللنصف قطر م ع بحرف س وللبعد ع هـ بحرف ل يحدث

$$\overline{مد}^{2} = (س + ص)^{2} + ل^{2} \qquad (١)$$

وبرسم م ط موازيا للوتر اب يكون م ط = ع ن ، ط د = م ع + د ن ومن مثلث م د ط القائم الزاوية يحدث

$$\overline{مد}^{2} = (م ع + د ن)^{2} + \overline{ع ن}^{2} \cdots\cdots (٢)$$

ومن معادلتي (١) و (٢) يحدث

$$(\text{س} + \text{ص})^{٢} + \text{ل}^{٢} = (\text{مع} + \text{دن})^{٢} + \text{عن}^{٢} \quad \ldots\ (٣)$$

وبما ان مع = س جتا ا و اع = س جا ا و دن = ص جتا $\text{ب}_{١}$ و بن = ص جا $\text{ب}_{١}$

فبتعويض كل حد بمقداره في معادلة (٣) وتحليلها وبسطها يحدث

$$٢\,\text{س ص} + \text{ل}^{٢} = ٢\,\text{س ص}\,(\text{جتا ا جتا ب}_{١} + \text{جا ا جا ب}_{١}) + \text{ح}^{٢} - ٢\,\text{ح}\,(\text{س جا ا} + \text{ص جا ب}_{١})$$

وبما ان جتا ا جتا ب + جا ا جا ب = جتا (ا − ب) او جتا (ب − ا) = جتا ح فيحدث

$$\text{س ص}\,(١ - \text{جتا ح}) + \text{ح}\,(\text{س جا ا} + \text{ص جا ب}_{١}) = \frac{\text{ح}^{٢} - \text{ل}^{٢}}{٢}$$

ويمكن وضعها هكذا

$$\text{ح}\,(\text{س جا ا} + \text{ص جا ب}) + ٢\,\text{س ص جا}^{٢}\,\frac{\text{ح}}{٢} = \frac{\text{ح}^{٢} - \text{ل}^{٢}}{٢} \quad \ldots\ (٤)$$

ومعادلة (٤) هي المعادلة الرابطة لنصفي القطرين س وص ففي كانا متساويين تؤول الى

$$\text{ح س}\,(\text{جا ا} + \text{جا ب}) + ٢\,\text{س}^{٢}\,\text{جا}^{٢}\,\frac{\text{ح}}{٢} = \frac{\text{ح}^{٢} - \text{ل}^{٢}}{٢} \quad \ldots\ (٥)$$

ومعادلة (٥) هي معادلة بدرجة ثانية يمكن استخراج منها مقدار س وبعد ذلك يسهل رسم كل من المنحنيين كما سبق

(تم بحمد الله وعونه وحسن توفيقه)

(فهرست الجزء الاول من كتاب الطبوغرافيا)

صحيفة

صحيفة

(تمت)